

Daniele Weber S. Leal
Wilson Engelmann

A AUTORREGULAÇÃO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS NANOTECNOLÓGICOS (NANOWASTE):

O Pluralismo Jurídico entre a
gestão dos riscos e os
protocolos da OECD

Daniele Weber S. Leal

Wilson Engelmann

**A AUTORREGULAÇÃO DA DESTINAÇÃO FINAL
DOS RESÍDUOS NANOTECNOLÓGICOS
(NANOWASTE):**

**O Pluralismo Jurídico entre a gestão dos
riscos e os protocolos da OECD**

São Leopoldo



2018

© Editora Karywa – 2018
Rua Serafim Vargas, 66
São Leopoldo – RS
cep: 93030-210
editorakarywa@gmail.com

Conselho Editorial:

Dra. Adriana Schmidt Dias (UFRGS – Brasil)
Dra. Claudete Beise Ulrich (Faculdade Unida – Brasil)
Dr. Cristóbal Gnecco (Universidad del Cauca – Colômbia)
Dr. Eduardo Santos Neumann (UFRGS – Brasil)
Dra. Eli Bartra (UAM-Xochimilco – México)
Dr. Ezequiel de Souza (IFAM – Brasil)
Dr. Moisés Villamil Balestro (UNB – Brasil)
Dr. Raúl Fomet-Betancourt (Aachen – Alemanha)
Dra. Tanya Angulo Alemán (Universidad de Valencia – Espanha)
Dra. Yisel Rivero Báxter (Universidad de la Habana – Cuba)

Diagramação e arte-finalização: Rogério Sávio Link

Este livro é o resultado parcial das investigações científicas desenvolvidas pelos autores no âmbito dos seguintes projetos: a) Edital 02/2017 – Pesquisador Gaúcho – PaqG; Título do Projeto: “A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos”, com apoio financeiro concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS; b) Edital: Apoio a Projetos de Pesquisa/MCTI/CNPq/Universal 14/2014, projeto intitulado: “Observatório dos Impactos Jurídicos das Nanotecnologias: em busca de elementos essenciais para o desenvolvimento do diálogo entre as Fontes do Direito a partir de indicadores de regulação às pesquisas e produção industrial com base na nano escala”, em prorrogação até 31/07/2018.

LEAL, Daniele Weber S.
ENGELMANN, Wilson

A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos (NANOWASTE): o Pluralismo Jurídico entre a gestão dos riscos e os protocolos da OECD. [ebook] São Leopoldo: Karywa, 2018.

312p.
ISBN: 978-85-68730-31-7

1. Direito ambiental; 2. Autorregulação; 3. Princípio da Precaução; 4. Pluralismo Jurídico; 5. Riscos; I. Daniele Weber S. Leal; II. Wilson Engelmann

CDD 340

Seria necessária também uma responsabilidade planetária de verdade: o reconhecimento do fato de que todos nós, que compartilhamos o planeta, dependemos uns dos outros para nosso presente e nosso futuro; de que nada que fazemos ou falhamos ao fazer é indiferente para o destino de qualquer outra pessoa; e que já não podemos, nenhum de nós, buscar e encontrar abrigos privados para tempestades originadas em qualquer parte do globo.*

* BAUMAN, Zygmunt. **A ética é possível num mundo de consumidores?** Tradução Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2011. p. 35.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial ao meu orientador, e co-autor nesta obra, Prof. Dr. Wilson Engelmann, pela constante presença, auxílio, paciência, valiosos ensinamentos e inconfundível serenidade. Um verdadeiro mestre, que com sua humildade, nos leva a ascender cada degrau nessa jornada acadêmica. E como dizia Warat*, “Um mestre, como homem sábio, está dançando interiormente. O discípulo é aquele que se torna parceiro nessa dança”, assim, obrigada por essa valiosa parceria; a mim, que seja longa. É uma honra. “Ao mestre, com carinho”, entrego minha contribuição neste livro, fruto das pesquisas realizadas em parceria ao longo do mestrado e que teve êxito final com a dissertação.

Às nossas famílias, toda gratidão e o mais profundo carinho, por toda paciência e suporte prestados nessa jornada. Obrigado(a) sempre! Por tudo! Palavras não são suficientes para demonstrar agradecimento. Somente a base familiar pode dar apoio nos maiores desafios da vida, e na trajetória acadêmica, não seria diferente.

* WARAT, Luis Alberto. **Surfando na pororoca**: o ofício do mediador. São Paulo: Boiteux, 2004. v. 3, p. 34.

Sobre a autora

Daniele Weber S. Leal – Doutoranda e Mestra em Direito Público pelo Programa de Pós-Graduação em Direito (Mestrado e Doutorado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS/RS/Brasil, vinculada à Linha de Pesquisa “Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização”; Integrante do Grupo de Pesquisa JUSNANO(CNPq); Especialista em Direito Público pelo Instituto de Educação RS (LFG). Graduada na Unisinos. Professora da FACCAT -Faculdades Integradas de Taquara-RS, nas disciplinas Metodologia da Pesquisa, Bioética e Biodireito e Ética Profissional; Advogada. Email: weber.daniele@yahoo.com.br

Sobre o autor

Wilson Engelmann – Pós-doutor pela Universidade de Santiago de Compostela (Espanha). Doutor e Mestre em Direito Público pelo Programa de Pós-Graduação em Direito (Mestrado e Doutorado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS/RS/Brasil; Professor deste mesmo Programa das atividades: “Transformações Jurídicas das Relações Privadas” (Mestrado) e “Os Desafios das Transformações Contemporâneas do Direito Privado” (Doutorado); Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da Unisinos; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: wengelmann@unisinos.br

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – O QUE É NANO?	31
FIGURA 2 – DESCRIÇÃO E QUANTIDADE DE PRODUTOS COM NANO NO SOLO	33
FIGURA 3 – HIERARQUIA DE PROPRIEDADES RELEVANTES DE SEGURANÇA	51
FIGURA 4 – CICLO DE VIDA DE VESTUÁRIO COM NANOPRATA E DESTINAÇÃO FINAL AO SOLO	55
FIGURA 5 – ARTIGOS INDEXADOS ISI 2018	66
FIGURA 6 – ARTIGOS INDEXADOS COM NANO	66
FIGURA 7 – PATENTES EM NANO NA USPTO	67
FIGURA 8 – PATENTES EM NANOTECNOLOGIA NA EPO	68
FIGURA 9 – PATENTES EM NANO NA USPTO	69
FIGURA 10 – PATENTES EM NANO NA EPO	70
FIGURA 11 – PARÂMETROS IMPORTANTES PARA CARACTERIZAÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS	77
FIGURA 12 – DESAFIOS PRINCIPAIS PARA NANOSEGURANÇA	82
FIGURA 13 – ROTAS DE EXPOSIÇÃO AO LONGO DO CICLO DE VIDA DOS NANOMATERIAIS	86
FIGURA 14 – GERAÇÃO DE NANOWASTE E VIAS DE EXPOSIÇÃO EM SISTEMAS ECOLÓGICOS	88
FIGURA 15 – INCIDÊNCIA DE FATORES INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS E POSSÍVEIS COMPORTAMENTOS	88
FIGURA 16 – QUADRO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL DE NANOPARTÍCULAS EM RESÍDUOS SÓLIDOS	90
FIGURA 17 – EXPOSIÇÃO À NANOPARTÍCULAS	92
FIGURA 18 – ORIGENS POSSÍVEIS DO NANOWASTE	94
FIGURA 19 – CICLO DE VIDA DE MATERIAL OCUPACIONAL	96
FIGURA 20 – INFLUÊNCIA DO CICLO DE VIDA DOS NANOPRODUTOS AO MEIO AMBIENTE E VIDA HUMANA	96
FIGURA 21 – CICLO DE VIDA DOS NANOMATERIAIS	97
FIGURA 22 – LINHA TEMPORAL DA TEORIA DO RISCO NA PERSPECTIVA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL, HISTÓRICA E SOCIAL	130
FIGURA 23 – CONTRASTANDO ESTADOS DE INCOMPLETO CONHECIMENTO	147
FIGURA 24 – COMUNICAÇÕES DA OECD	195
FIGURA 25 – ASSOCIAÇÃO ATUAL DE PAÍSES	197
FIGURA 26 – POSSÍVEIS ROTAS DE VAZAMENTO DE ENMS EM OPERAÇÕES DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS	206

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – VENDAS GLOBAIS EM REMEDIAÇÃO AMBIENTAL PARA 2020	60
GRÁFICO 2 – VENDAS GLOBAIS DE NANOMATERIAIS NA REMEDIAÇÃO DO SOLO PARA 2020	61
GRÁFICO 3 – PATENTES EM NANO	71
GRÁFICO 4 – TIPOLOGIA DOS DEPOSITANTES	72
GRÁFICO 5 – NÚMERO DE PEDIDOS PUBLICADOS NOS PAÍSES.....	73
GRÁFICO 6 – ROTAS DE ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS NA OCDE EM 2013	102
GRÁFICO 7 – FREQUÊNCIA DE PALAVRAS-CHAVE – PUBLICATIONS IN THE SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS	218
GRÁFICO 8 – TERMOS OECD	219
GRÁFICO 9 – PALAVRAS-CHAVE – “NANOMATERIALS IN WASTE STREAMS”	222

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CARACTERIZAÇÕES DAS NANOPARTÍCULAS POR ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS	78
QUADRO 2 – INSTITUIÇÕES INTERNACIONAIS E GUIAS ADOPTADOS PARA GESTÃO DO NANOWASTE	178
QUADRO 3 – RELAÇÃO ENTRE A CATEGORIA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS X EXPLICAÇÃO DA TÉCNICA COM O RESULTADO EM NANOMATERIAIS	207
QUADRO 4 – LOCALIZAÇÃO DE TERMOS X ARTIGOS.....	220

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DISPOSIÇÃO DE PNEUS EM SEU FINAL DE CICLO DE VIDA PARA OS MAIORES MERCADOS GLOBAIS.....	100
TABELA 2 – ORÇAMENTOS DE 2015, ESTIMATIVA DE 2016, PROPOSIÇÃO PARA 2017.....	185
TABELA 3 – LOCALIZAÇÃO DE PALAVRAS-CHAVES NOS DOCUMENTOS DA OECD.....	218
TABELA 4 – PALAVRAS-CHAVE – OCORRÊNCIAS NO DOCUMENTO “NANOMATERIALS IN WASTE STREAMS”.....	221

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BSI	British Standards Institution
CDEIC	Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio
CEINT	Center for the Environmental Implications of NanoTechnology
CFS	Center for Food Safety
CIEL	Center for International Environmental Law
CMADS	Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTNano	Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança
ECHA	European Chemicals Agency
EHS	Environmental Health Safety
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
ENMs	Engineering Nanomaterials
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
EPO	European Patent Office
EUA	Estados Unidos da América
FDA	Food and Drug Administration
FDNano	Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia
GEE	Gás de Efeito Estufa

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO	International Organization for Standardization
JCR	Joint Research Centre
LCA	Life Cycle Assessment
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
N&N	Nanociência e a Nanotecnologia
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIH	National Institutes of Health
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NMs	Nanomaterials
NNI	National Nanotechnology Initiative
NPD	Nanotechnology Products Database
NSF	National Science Foundation
OECD	Organisation for Economic Co-operation And Development
ONG's	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
RRR	Research Regulatory Roadmap
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
USPTO	United States Patent and Trademark Office
WPMN	Work Party Manufactured Nanomaterials

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. AS NOVIDADES DA ERA NANOTECNOLÓGICA: A INSERÇÃO NA SOCIEDADE DE RISCO DA ESCALA NANOMÉTRICA	27
1.1. ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DAS NANOTECNOLOGIAS: O DESPERTAR PARA A ERA NANOTECNOLÓGICA, A INSERÇÃO DAS “NANOS” NA VIDA HUMANA E A CRESCENTE PREOCUPAÇÃO SOBRE O RISCO	27
1.2. UMA MARAVILHOSA DESCOBERTA? A AMBIVALENCIA DA ERA NANOTECNOLÓGICA: DAS BENESSES AOS POSSÍVEIS DANOS (FUTUROS?)	43
1.3. A EVOLUÇÃO DO MUNDO NANOTECNOLÓGICO ATRAVÉS DAS ESTATÍSTICAS.....	64
2. A PRECAUÇÃO FRENTE AO RISCO AMBIENTAL: O “MISTERIOSO” CICLO DE VIDA DOS NANOMATERIAIS E A DESTINAÇÃO FINAL DO NANOWASTE	75
2.1. O CICLO DE VIDA DOS NANOMATERIAIS (DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS?) E A PREOCUPAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE FACE OS RISCOS EXPONENCIAIS	76
2.2. O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO FUNDAMENTO PARA REGULAÇÃO DO NANOWASTE.....	105
2.3. A EVOLUÇÃO DA TEORIA DO RISCO: UMA ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA INCERTEZAS NANOTECNOLÓGICAS PARA APLICAÇÃO ADEQUADA DA PRECAUÇÃO.....	129
2.4. A AUSÊNCIA DE REGULAÇÃO(?): A CONJUNTURA NACIONAL E O MOVIMENTO INICIAL REGULATÓRIO	150
3. A AUTORREGULAÇÃO DO NANOWASTE E APLICAÇÃO DO PLURALISMO JURÍDICO DE GUNTHER TEUBNER: A UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO DA OECD COMO POSSIBILIDADE DE GESTÃO DO RISCO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS NANOMATERIAIS.....	161
3.1. DA METARREGULAÇÃO E AUTORREGULAÇÃO COMO INSTRUMENTOS EFETIVOS ANTE A INÉRCIA (E INSUFICIÊNCIA?) ESTATAL	166

3.2. DOS POSSÍVEIS INSTITUTOS COM POTENCIAL PARA AUTORREGULAÇÃO DO NANOWASTE PARA GESTÃO DOS RISCOS	180
3.3. DEFININDO A OECD: ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL REFERÊNCIA NO ESTUDO DO NANOWASTE E SEU PROTOCOLO DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS NANOTECNOLÓGICOS E DIRETRIZES.....	194
3.4. A COMUNICAÇÃO JURÍDICA ENTRE LUHMANN E TEUBNER: O PLURALISMO JURÍDICO DE GUNTHER TEUBNER E OS "POOLS DE RESPONSABILIDADE" COMO FUNDAMENTO DE APLICABILIDADE DO PROTOCOLO NANOWASTE	224
CONCLUSÃO	248
REFERÊNCIAS	260
APÊNDICE A – COLETA DE DADOS OECD	289

INTRODUÇÃO

Observa-se atualmente a complexidade das nanotecnologias, que vem permeada por dúvidas, inquietações, incertezas científicas e promessas maravilhosas das benesses desta nova tecnologia. A era nanotecnológica é uma realidade, com demandas antes sequer imaginadas, dada a particularidade das propriedades em escala nano, com as quais o Direito está sendo convocado para solucionar adequadamente estas resoluções, buscando alternativas regulatórias, ante a ausência legislativa específica para o desenvolvimento dos nanoprodutos. O tema igualmente encontra-se ligado ao cenário das inovações tecnológicas e 4.^ª Revolução Industrial, movimento atual que se mobiliza para desenvolver novas opções, novos produtos, a fim de satisfazer a sociedade pós-moderna.

Vislumbra-se uma gama de novidades nanotecnológicas, produtos em escala nano, que vêm se desenvolvendo com maior força desde o início do século XXI. Nesta conjuntura, o mundo nanotecnológico vem revolucionando a vida cotidiana da sociedade, sendo que diariamente inúmeros nanoprodutos são utilizados, desde a utilização doméstica (como bebedouros, ar condicionado, embalagens) até uso na área bélica, aeronáutica, engenharias e medicina. Verifica-se ainda aplicação no setor alimentício¹, cosméticos², na indústria do plástico, biocombustível³, dentre tan-

¹ ENGELMANN, Wilson et al. Nanotecnologias aplicadas aos alimentos e biocombustíveis: construindo modelos jurídicos fundados no princípio da precaução. In: SILVA, Tânia Elias Magno da; WAISSMANN, Willian (Org.). **Nanotecnologias, alimentação e biocombustíveis**: um olhar transdisciplinar. Aracaju: Criação, 2014. v.1.

² ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). **Nanocosméticos e o direito à informação**: construindo os elementos e as condições para aproximar o desenvolvimento tecnocientífico na escala nano da necessidade de informar o público consumidor. Erechim: Devian, 2015.

tos outros. Contudo, muito embora o desenvolvimento desta nanotecnologia venha alcançando contornos significativos, não há regulação específica.

Tais produtos trazem a promessa de benefícios e utilidades nunca pensados, despertando nos consumidores e sociedade em geral a curiosidade. Desta maneira, o consumo destas criações em escala nano vem sendo cada vez maior, com um universo de novidades despejadas no mercado diariamente. Em consequência do uso cada vez maior dos nanoproductos, maior o descarte de nanomateriais no meio ambiente. A partir disto origina-se o chamado *nanowaste*, o resíduo nanotecnológico, um dos principais desafios enfrentados no cenário ambiental e de saúde pública. Atualmente não há certeza científica a respeito do impacto das nanopartículas no ecossistema, de modo que tais produtos estão sendo diariamente despejados no meio ambiente, sem tratamento ou destinação final adequada. É este o objeto da pesquisa. Quais são os riscos que permeiam a destinação do *nanowaste* sem adoção de medidas precaucionais, sem utilização de tratamento de resíduo adequado? E, mesmo havendo gestão mínima do *nanowaste*, com processos de tratamentos destes resíduos, eles são eficazes na captação das nanopartículas, desviando-as do contato com o meio ambiente?

Neste contexto, a destinação final dos nanomateriais desperta uma enorme incógnita e clama pela necessária implementação de regras, tendo em vista o atual desconhecimento, especialmente a respeito de seu descarte e depósito, em face da possibilidade dos danos. Dar-se-á recorte maior nas nanotecnologias no solo, pois inevitavelmente, quaisquer dos tratamentos de resíduos, acabam por ter contato com o solo, seja reciclagem, sejam águas residuais, aterro sanitário ou até mesmo incineração. As nanopartículas acabam por retornar ao solo pelas vias de escape.

Observa-se a lacuna de marcos regulatórios sobre utilização e produção das nanotecnologias, principalmente sobre o descar-

³ OSHIRO, M. L. et al. Nanotechnologies and the risk management of biofuel production. In: RAI, Mahendra; SILVA, Silvio Silvério da (Ed.). **Nanotechnology for bioenergy and biofuel production**. 1st ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.

te do *nanowaste* ou tratamento adequado destes resíduos. Contudo, em organizações internacionais, como *International Organization for Standardization (ISO)*, *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, *Food and Drug Administration (FDA)*, *NANoREG (Europa)*, *British Standards Institution (BSI)*, a Comissão Europeia e Parlamento Europeu, *European Medicines Agency*, e por fim, a *Organisation for Economic Co-operation And Development (OECD)* (cujo livro da enfoque principal), vislumbra-se uma série de estudos, protocolos e instrumentos com potencial regulatório, que poderiam fazer as vezes de marco regulatório, com o objetivo de sanar a lacuna legislativa e omissão estatal. Ressalta-se ainda que, dada a dinâmica complexa das nanos, uma lei fechada e estanque sequer seria adequada para regular as demandas da era nanotecnológica. Importante ressaltar a adequada compreensão do Princípio da Precaução, e a partir deste entendimento, possibilitar uma ação proporcional para adotar na questão das nanotecnologias.

Outro viés significativo da pesquisa é a interdisciplinaridade⁴, sendo que para a investigação sobre a destinação final do *nanowaste*, suas particularidades e diversas informações precisas das nanos em geral, necessário que perpassasse outras áreas da ciência, apropriando-se dos conhecimentos daquelas searas e das ciências duras, a fim de adequação e auxílio ao Direito para buscar respostas aptas às complexas demandas enfrentadas neste contexto.

Contudo, mesmo as nanotecnologias apresentando um grande potencial benéfico e de evolução em prol da humanidade, o risco é observado atentamente pelos pesquisadores, o que desperta o necessário aporte do Direito e correto enfrentamento a fim de regular como respeito ao princípio ambiental da Precaução. Pertencendo a uma escala nanométrica, as partículas podem atravessar barreiras naturais e se acumular em determinadas células e não se tem ideia dos efeitos de uma longa permanência destas partículas nos organismos vivos, e, tampouco, no ambiente. Ainda, as nanopartículas podem vir a fazer parte da cadeia ali-

⁴ INTERDISCIPLINARITY. **Nature**, London, v. 525, Sept. 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

mentar, pois penetram em bactérias e nos demais animais e talvez em vegetais⁵. Portanto, a era nanotecnológica traz consigo benefícios desacompanhados de certeza científica, inserindo-se na *Sociedade de Risco Mundial*⁶ o que traz à tona complexidades antes sequer pensadas, demandando do Direito uma reformulação, como por exemplo tentar viabilizar a utilização de um instrumento com potencial regulatório.

Necessário enfrentar ambos os prismas das nanotecnologias, tanto suas promessas benéficas quanto os riscos atrelados ao seu desenvolvimento, dando maior destaque a este elemento, em virtude da preocupação com as gerações futuras, como forma de responsabilidade.

Portanto, ante a grande evolução em escala nanotecnológica, com maior descarte destes materiais no meio ambiente, não havendo regulação específica sobre o *nanowaste* (e igualmente de nenhuma outra área da nanotecnologia), encontra-se o problema deste estudo, versando sobre a ausência regulatória específica para os resíduos nanotecnológicos – *nanowaste*. De que forma os protocolos e diretrizes existentes em âmbito internacional, com pretensão autorregulatória, no caso a OECD, poderão ser utilizados para regular o *nanowaste* como efetiva gestão de risco, num espaço iluminado pelo Princípio da Precaução. Neste contexto, como a estruturação das bases do Pluralismo Jurídico proposto por Gunther Teubner, dialogando ainda com a comunicação de Luhmann, poderá contribuir para modelar um instrumento de autorregulação, permeado pelo princípio da precaução, a partir do protocolo específico da OECD? Aliado a esta fundamentação, os *pools* de responsabilidade, formulado por Teubner, poderiam auxiliar na adoção destes marcos autorregulatórios?

A hipótese tem os seguintes contornos: ante a inexistência de marcos regulatórios para as nanotecnologias, tampouco sobre a

⁵ HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN, Wilson. **Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil**: a gestão do risco a partir do diálogo entre as fontes do direito. Curitiba: Juruá, 2014.

⁶ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

destinação final dos resíduos nanotecnológicos, vislumbra-se a possibilidade de utilização de protocolo oriundo de estudo específico sobre *nanowaste* e processos de gestão de resíduos adequados, da organização internacional OECD⁷, que desenvolve pesquisas sobre segurança dos nanomateriais fabricados, com a finalidade de fornecer informações atualizadas relacionadas com a saúde humana e a segurança ambiental. A viabilidade de acoplamento ou utilização do estudo sobre *nanowaste* da OECD, realizando a adequada gestão do *nanowaste*, como um modelo de autorregulação, encontra fundamento a partir do *diálogo* entre a comunicação de Luhmann⁸, e o Pluralismo Jurídico de Teubner⁹, ganhando maior completude a partir desta última lição. Ademais, a formulação de Teubner sobre os *pools* de responsabilidade complementam a viabilidade de adoção deste marco autorregulatório.

O objetivo geral da presente pesquisa é analisar a possibilidade de utilização de protocolo elaborado a partir do estudo publicado no livro *Nanomaterials in Waste Streams: Current Knowledge on Risks and Impacts* da organização internacional OECD, como instrumento autorregulatório apto a realizar a gestão adequada dos riscos nanotecnológicos, respeitando a precaução exigida neste contexto e compreender a viabilidade deste a partir do Pluralismo Jurídico de Teubner, atrelado ao diálogo com Luhmann.

Por outro lado, necessário observar os objetivos específicos, quais sejam: a) identificar a inserção das nanotecnologias na vida humana, compreendendo sua utilização e os potenciais benefícios das nanotecnologias bem como identificar os (possíveis) danos ao meio ambiente e saúde humana, e ainda demonstrar o grande crescimento destas novas tecnologias através das estatísticas nanotecnológicas; b) avaliar o ciclo de vida dos nanomateriais, a fim de identificar o (potencial) risco no descarte inadequa-

⁷ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁸ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

⁹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

do do *nanowaste*; c) demonstrar e analisar o Princípio da Precaução como fundamento ambiental e vetor para autorregulação dos resíduos nanotecnológicos e perpassar o histórico das Teorias do Risco, com a compreensão sobre as dimensões da incerteza; e d) analisar a OECD e avaliar o estudo específico sobre *nanowaste*, como um exemplo de autorregulação, sistemicamente perspectivado por meio do Pluralismo jurídico desenvolvido a partir de Gunther Teubner e a formulação dos *pools* de responsabilidade, aliado à comunicação de Luhmann.

No primeiro capítulo encontrar-se-á uma análise da inserção das nanotecnologias no cenário atual, compreendendo o estado da arte, bem como a importância do debate desenvolvido em escala global. Importante também compreender sobre suas promessas benéficas, localizando, como por exemplo, produtos inovadores na remediação ambiental e poluição, bem como no combate às doenças, no campo da medicina. Paralelamente, verificar-se-á o viés do risco, estudando os (potenciais) danos (futuros?) ao meio ambiente e vida humana, fundada na distinção entre risco e perigo de Luhmann¹⁰. Ademais, será observada o crescimento das nanos através das estatísticas extraídas de base de dados creditadas em nano.

No segundo capítulo será aprofundado o estudo sobre a análise do ciclo de vida dos nanomateriais – *Life Cycle Assessment* (LCA) – tão importante para a compreensão dos efeitos no ecossistema e da interação dos mesmos com o meio ambiente e saúde humana. Os benefícios das nanotecnologias ainda não foram devidamente avaliados em relação ao potencial de riscos à saúde humana e ecológica. A análise do ciclo de vida dos produtos já tem sido reconhecida como uma ferramenta capaz de realizar uma avaliação ambiental, holística. Verifica-se que o número de estudos sobre o ciclo de vida de nanoprodutos vem aumentando, embora um olhar mais atento revela que muitos desses estudos não cobrem todo o ciclo de vida dos nanomateriais ou nanoprodutos¹¹. O desenvolvimento de técnicas de monitoramento e di-

¹⁰ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹¹ GAVANKAR, Sheetal; SUH, Sangwon; KELLER, Arturo F. Life cycle assessment at nanoscale: review and recommendations. **The International Journal of Life Cycle As-**

agnóstico de nanomateriais (objetivando ampliar os conhecimentos na área nanotoxicológica e sobre o ciclo de vida destes materiais) para se determinar formas apropriadas, sustentáveis e seguras de produção (incluindo manejo de resíduos), é imprescindível à possibilidade de desfrutar das benesses das nanotecnologias com segurança, objetivando a proteção¹². Desta forma, o capítulo avaliará o ciclo de vida dos nanomateriais, identificando suas particularidades em relação ao *nanowaste*, dando ênfase às nanos no solo. Ademais, será analisado o princípio da precaução como vetor para impulsionamento da adoção de marco autorregulatório, atrelado ainda ao conhecimento acerca das Teorias do Risco, e as diferenciações quanto à incerteza científica, chamadas *dimensões*. A partir desta distinção, aferir-se-á qual grau de precaução a modulação exige.

Já no terceiro capítulo será aprofundado o conhecimento sobre a organização internacional OECD, instituição esta com relevo na produção de pesquisas relacionadas às nanotecnologias, em especial o estudo específico sobre o *nanowaste*, *Nanomaterials in Waste Streams*¹³. Necessário entender sobre as diferenças sobre metarregulação e autorregulação, e conhecer os organismos internacionais atualmente capazes de gerar tais instrumentos com potencial regulatório. Será analisado o protocolo pela OECD elaborado, com diretrizes específicas sobre os tratamentos de resíduos nanotecnológicos. E por fim, baseando-se na necessária adoção de mecanismos regulatórios ante o cenário de risco e precaução exigida, de que maneira as lições de Teubner, sobre o Pluralismo Jurídico, comunicando-se ainda com Luhmann, poderão fundamentar a utilização do estudo específico da OECD, como verdadeira gestão do *nanowaste*, promovendo respostas adequadas do Direito para sanar tal lacuna legislativa.

essment, Landsberg, v. 17, n. 3, Mar. 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹² ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio: construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**: RDA, v. 18, n. 69, jan./mar. 2013. Disponível em: <<https://bdjur.stj.jus.br>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams**: current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

A presente investigação insere-se numa conjuntura de pesquisas desenvolvidas internacionalmente, como os estudos desenvolvidos pelo *Institute for Agriculture and Trade Policy*, que enfatizam a investigação de nanomateriais no solo, e está em consonância com a preocupação das mais recentes publicações da União Europeia, a qual desenvolveu oito compilações sobre os impactos das nanos em setores específicos¹⁴, intituladas *NanoData landscape compilation*, com direcionamento para saúde, meio ambiente¹⁵, energia, transporte, manufaturados, fotônicos, construção, tecnologias de informação e comunicação¹⁶. Ademais, o tema não versa apenas sobre discussões em nível internacional. No Brasil, as nanotecnologias ganham força, como demonstra a publicação da Revista Exame, de 2 de agosto de 2017, que apresenta reportagem sobre inovação, com projeto inédito da Confederação Nacional da Indústria, contando com pesquisadores focados em 8 áreas da tecnologia, uma delas, sendo as nanotecnologias¹⁷.

A fim de desenvolver a investigação desta obra, ela se dará através da metodologia sistêmico-constructivista, utilizando-se de bases que não compõem o Direito tradicional, possibilitando a conexão e aplicação de outros institutos regulatórios, realizando a interligação de outras áreas da ciência. Entretanto, a observação ocorrerá também a partir do acompanhamento do Sistema Direito nesta comunicação interdisciplinar, mas não amarrado ao Sistema da Política.

Este método consegue compreender outros modos de produção de marcos regulatórios e diversos instrumentos com potencial de regulação, especificamente no que tange às nanotecnologias, não exigindo do Estado e do Poder Legislativo uma lei for-

¹⁴ BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. **EC publishes nanodata landscape compilation reports**. Washington, Aug. 7 2017. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018. Blog: Nano and Other Emerging Chemical Technologies Blog.

¹⁵ ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation: environment**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. p. 101. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁶ EUROPEAN UNION. **EU law and publications**. Luxembourg, 2017. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 mai. 2018.

¹⁷ INOVAÇÃO: o motor da indústria do futuro. **Revista Exame**, São Paulo, ed. 1143, ano 51, n. 15, 2 ago. 2017. Edição de Aniversário.

mal, estanque, até porque esta normatização não acompanharia a dinâmica imposta neste contexto. Isso parece ser um movimento importante que precisará ser anotado e compilado, pois a regulação está surgindo com a intervenção de diversos atores, muitos dos quais não-estatais.

Será utilizada a análise funcional, proposta por Luhmann¹⁸, como apoio metodológico para esta investigação, considerando-se que ela relaciona a intenção de compreender o existente como contingencial e o que for diferente como comparável. Em outros termos, problema e solução não são uma relação que seja um fim em si mesma, mas, antes, serve como fio condutor de perguntas por possibilidades e equivalências funcionais.

É na perspectiva sistêmico-funcionalista que se pretende estabelecer este elo de ligação entre o problema e uma solução a ser construída, utilizando-se a observação dos marcos regulatórios capazes de dar conta dos desafios trazidos pelas nanotecnologias, mesmo que estranhos ao mundo jurídico. Esse método é propício para o desenvolvimento tendente à interdisciplinaridade, ou seja, num viés de transbordamento disciplinar da pesquisa, impondo-se o pesquisador perpassar em outros níveis de investigação, lidando com ação de vários níveis de realidade. O Direito somente avançará, alcançando uma resposta apta e adequada para novas demandas ou desafios ante os avanços das nanotecnologias, através da investigação em outras áreas do conhecimento, mais aptas a entender as complexidades das nanotecnologias, possibilitando o ingresso em outros saberes. Em outras palavras, tal método é apropriado para o desenvolvimento interdisciplinar da pesquisa, notadamente a partir das discussões publicadas recentemente na *Revista Nature*¹⁹. Busca-se inscrever esta obra numa perspectiva interdisciplinar, levando em consideração a existência de questões urgentes ou problemas que não podem ser adequadamente tratados por pesquisadores vinculados somente uma área de conhecimento ou atividade de investigação e que uma abordagem além dos limites rígidos das disciplinas deve conduzir as pessoas a fazer pergun-

¹⁸ LUHMANN, Niklas. **Sociedad y sistema**: la ambición de la teoría. Traducción de Santiago López Petit y Dorothee Schmitz. Barcelona: Paidós, 1990.

¹⁹ INTERDISCIPLINARITY. **Nature**, London, v. 525, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

tas e resolver problemas que nunca foram lançados anteriormente²⁰. A metodologia sistêmico-construtivista, conforme lição de Ferrari²¹, dispõe que a investigação pressupõe um não saber, uma dúvida, em outras palavras, é a busca pelo saber a respeito de algo que não se conhece, mas que se tem ideia, à luz de conhecimentos pré-adquiridos. Dizer de algo que não se conhece, e ainda procurar uma coisa, e encontrar outra. Também significa que sua existência se confirme através da investigação, ou seja, seja verificável através da investigação.

Segundo o Ferrari²², esse processo ocorre a partir da dúvida e "(...) ninguém ser humano posee um conocimiento infinito e incontestable". De outro modo, Ferrari²³ esclarece que a ciência se faz através do processo de ensaio e erro, de forma infinita; de hipótese em hipótese; pois mesmo uma hipótese que se confirme abre possibilidades de outras conjecturas, ou seja, restringe o campo de dúvida que originou a hipótese confirmada, mas amplia o espaço para novas dúvidas. O elemento de construtivismo encontra-se no reconhecimento de fatos que surgem da realidade social, todavia deve-se ressaltar a distinção entre o fato em si e, seu significado. "Considerar que la realidad social es ella misma una construcción artificial, dependiente no sólo de convenciones, sino de lo que 'se dice' en torno a los hechos de los cuales tomam su partida", defende Ferrari²⁴. Além disso, considera-se que a construção social é contínua e não de detém ao exato momento da investigação. Esta é a tarefa da sociologia: investigar o mundo social pois esta é, antes de tudo, aprendiza-

²⁰ TOO close for comfort. **Nature**, London, Sept. 15 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

²¹ FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015.

²² FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015. p. 85.

²³ FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015.

²⁴ FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015. p. 89.

gem, consistindo em a) averiguar; b) compreender; c) explicar; d) teorizar; e f) predizer²⁵.

Aliado a isto, no que tange aos métodos de procedimento empregados no estudo, trabalhar-se-á com os métodos funcionalista, histórico e comparativo através de técnicas de pesquisa a documentação indireta, especialmente a pesquisa bibliográfica, além da documentação direta de textos normativos e jurídicos, e de textos resultantes de produção científica (artigos e *papers*) produzidos por outras áreas do saber, incluindo publicações de *blogues* e *sites* de organismos internacionais e de grupos de pesquisa; permeando o conjunto de técnicas empregadas, lançar-se-á mão de recursos como a *análise de conteúdo*, projetada por Bardin²⁶. O livro ainda tem como proposta a análise de conteúdo dos 80 documentos elaborados no estudo da OECD, da pesquisa *Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials*, para averiguar de que forma o *nanowaste* é observado nestes relatórios (ou se não são referidos); se os resíduos nanotecnológicos detêm importância, e de certa forma, a observação na evolução temporal da maturação da pesquisa, em qual momento esta questão é levantada e se houve um crescimento de citação ou foco na pesquisa. Analisar-se-á ainda as principais palavras-chave relativas à risco, meio ambiente, resíduos e nanos no estudo específico da OECD sobre *nanowaste*, a fim de comparar com a perspectiva geral dos trabalhos desenvolvidos pela organização, na série de publicações anteriormente citadas, da primeira proposta de análise de conteúdo.

A análise de conteúdo é uma metodologia de análise, como conjunto de orientações, abertas, reconstruídas em cada trabalho, com caminhos a serem seguidos, mas que não sejam rígidos demais, mesmo que se afirme que a análise de conteúdo parece ser mais sistematizada²⁷. Como o tema nanotecnologias cor-

²⁵ FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015.

²⁶ BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

²⁷ MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2. ed. rev. Ijuí: Ed. Ijuí, 2011.

responde a complexidades de termos, análises mais detalhadas, levantamento de diversos estudos, de outras áreas do conhecimento, principalmente tentando aliar ao mundo jurídico, a metodologia empregada precisa ser mais flexível e adaptável a uma nova realidade de levantamentos e avaliação de saberes.

Portanto, a nanotecnologia, nanowaste e seus desdobramentos na área jurídica, ambiental e social, moldam-se perfeitamente nesta demanda específica de estudos, face a escassez de produção no tema delimitado. A questão da destinação final dos nanomateriais, fomentando a adoção de marco regulatório para promover a adequada gestão do *nanowaste* (preservando o meio ambiente e vida humana, iluminado pela precaução) é de suma importância ao contexto atual, jurídico, ambiental e científico-acadêmico. Trará contribuições no campo da construção de marcos regulatórios, bem como surtirá efeitos no âmbito de pesquisa do *nanowaste*, campo este tão inicial e incipiente, o qual demanda maiores aprofundamentos sobre a destinação final dos resíduos nanotecnológicos.

1. AS NOVIDADES DA ERA NANOTECNOLÓGICA: A INSERÇÃO NA SOCIEDADE DE RISCO DA ESCALA NANOMÉTRICA

As novidades nanotecnológicas estão constantemente presentes na vida humana, e a evolução desta nova tecnologia apresenta-se em ritmo acelerado. Verificam-se novas possibilidades, novos produtos, uma verdadeira revolução tecnológica, a qual desperta a curiosidade dos consumidores, e o consumo destes, em consequência, aumenta exponencialmente. Após, na sequência do ciclo de vida, há o descarte dos nanomateriais no meio ambiente (sem qualquer adoção de medidas precaucionais), o que gera preocupação em virtude do risco.

Desta forma, além das inúmeras promessas de benefícios, vislumbra-se a inserção da escala nanométrica na Sociedade de Risco, o qual se pontencializa ante a incerteza científica sobre os efeitos na vida humana e meio ambiente. Portanto, necessário conhecer as interfaces das nanotecnologias, analisando seus benefícios e (possíveis) danos futuros ao ecossistema, para depois buscar uma alternativa de resposta adequada a estas novas demandas. Como inseridos no cenário de risco, uma postura precaucional torna-se imperativa. Assim, a utilização de instrumentos com potencial (auto)regulatório mostra-se adequada às novas demandas nanotecnológicas? É o que este trabalho também se propõe a expor.

Neste primeiro momento, analisar-se-á as interfaces da nanotecnologia, relacionando suas possíveis benesses à vida humana, e em paralelo, o potencial risco, onde serão apresentados os (possíveis) danos à presente e futuras gerações.

1.1. Origem e Características das Nanotecnologias: o Despertar para a Era Nanotecnológica, a Inserção das “Nanos” na Vida Humana e a Crescente Preocupação sobre o Risco

Desde o início deste século XXI presencia-se a utilização cada vez maior das nanotecnologias, as quais se inserem no contexto de inovações, o que por consequência gera uma série de novas demandas da sociedade. Tal escala de tecnologia equivale à

bilionésima parte de um metro, aproximadamente dez vezes o tamanho de um átomo individual. A sua conceituação dispõe de uma terminologia imprecisa, inexistindo definições padronizadas internacionalmente¹.

Foi o físico norte-americano Feynman² considerado o profeta da nanotecnociência, cuja profecia foi anunciada em sua palestra *There is a plenty of room at the bottom* – Há mais espaços lá embaixo [tradução nossa] –, realizado no encontro anual da Sociedade Americana de Física no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em dezembro de 1959. Naquela ocasião, o cientista abordou praticamente todos os conceitos importantes da nanotecnociência, embora sem nominá-la dessa forma. Uma das ideias defendidas seria que possibilitar-se-ia condensar, na cabeça de um alfinete, todos os 24 volumes da *Enciclopédia Britânica*, vislumbrando as futuras descobertas na fabricação de sistemas em escala atômica e molecular³.

Até que a profecia posteriormente se confirmou:

As previsões de Feynman, ainda que prematuras e audaciosas, vieram a se confirmar duas décadas depois. O cientista Eric Drexler foi responsável por popularizar o termo nanotecnologia nos anos 80, ao fazer referência à construção de máquinas tão pequenas que teriam escala molecular com poucos nanômetros de tamanho⁴.

¹ PORTO BORGES, Isabel Cristina; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

² FEYNMAN, Richard P. Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física. Texto traduzido por Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **ComCiência**: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, 10 nov. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

³ FEYNMAN, Richard P. Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física. Texto traduzido por Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **ComCiência**: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, 10 nov. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

⁴ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. 1. ed. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 163.

A nanotecnologia é a manipulação da matéria em uma escala quase atômica para produzir novas estruturas, materiais e dispositivos. Esta tecnologia tem a capacidade de transformar muitas indústrias e pode ser aplicado de diversas maneiras a áreas que vão desde a medicina à fabricação⁵. O Comitê Técnico 229 (Nanotecnologias) da ISO/TC 229⁶ está a desenvolver uma nomenclatura e uma terminologia mundialmente reconhecidas para os nanomateriais. De acordo com ISO/TS 27687: 2008⁷, nano-objeto é definido como material com uma, duas ou três dimensões externas na faixa de tamanho de aproximadamente 1-100 nm.

Quanto ao seu conceito, há grandes divergências ante a ausência de consenso sobre metodologias e características, sendo uma das mais recorrentes então a da ISO/TC 229⁸, que conceitua nanotecnologias da seguinte forma:

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

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

⁵ DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC); NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Approaches to safe nanotechnology**: managing the health and safety concerns Associated with Engineered Nanomaterials. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2009. (DHHS NIOSH Publication, n. 2009-125). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 08 mai 2018.

⁶ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TC 229**: nanotechnologies. Geneva, 2005. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

⁷ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TS 27687**: 2008: nanotechnologies: terminology and definitions for nano-objects: nanoparticle, nanofibre and nanoplate. Geneva, 2008. Disponível em: <<https://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

⁸ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TC 229**: nanotechnologies. Geneva, 2005. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

sitivos e sistemas que exploram essas novas propriedades.
[tradução nossa]

De outra forma, verifica-se a definição publicada pela Agência Dinamarquesa de Proteção ao meio ambiente, no estudo proposto *Better Control of Nanomaterials: Summary of the 4-year Danish Initiative on Nanomaterials*, com autoria de Christensen et al.:

Um nanômetro (nm) é um bilionésimo (10^{-9}) de um metro e milésimo de um micrômetro. Nano-tamanhos normalmente referem-se a objetos com tamanho de 1-100 nm. Um cabelo humano é 50.000 nm de espessura. O comprimento de onda da luz visível é 400-700 nm. Partículas menores que isso interagem de forma diferente com luz visível do que partículas maiores. Nanopartículas são tão pequenas que não podem ser vistas com um microscópio óptico comum. [tradução nossa]⁹.

A título ilustrativo, observa-se a apresentação das nanos pelo National Research Programme NPR 64, da Suíça (Figura 1)¹⁰.

Observa-se ainda a característica de transdisciplinaridade desta nova tecnologia, o que desde logo denota a complexidade de entendimento, conforme Lima¹¹ discorre:

Nano é o nome que vem do grego e, significa *anão*, um termo fundido com a palavra tecnologia que surgiu em 1974, o famoso termo nanotecnologia. É uma ciência transdisciplinar, e de difícil explicação pelo fato desta fazer parte das ciências da complexidade, ou seja, é uma ciência não pura como a física, a química e a matemática, mas, sim, uma ciência heterogênea, e em seu bojo há a combinação de muitas disciplinas. Portanto, poderá haver em único produto feito com esta ciência, traços de engenharia usando

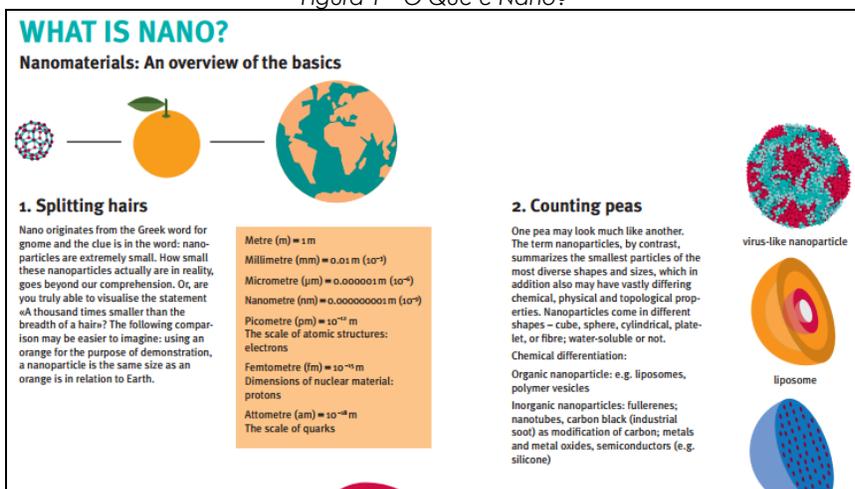
⁹ CHRISTENSEN, Frans Møller et al. **Better control of nanomaterials**: summary of the 4-year Danish initiative on nanomaterials. Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency, 2015. p. 9. (Environment protect, n. 1797). Disponível em: <<http://www2.mst.dk>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

¹⁰ SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (SNSF). National Research Programme NPR 64. **Opportunities and risks of nanomaterials**: results, outcome and perspectives – final brochure. Wildhainweg, Mar. 2017. Disponível em: <<http://www.nrp64.ch>>. Acesso em: 08 mai 2018.

¹¹ LIMA, Edilson Gomes de. **Nanotecnologia**: biotecnologia e novas ciências. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. p. 20.

química, física, biologia, matemática, computação e outras novas ciências. [grifo do autor]

Figura 1 – O Que é Nano?



Fonte: Swiss National Science Foundation (SNSF)¹².

As nanotecnologias encontram-se nos mais variados setores da vida cotidiana, nos mais diferentes setores econômicos. Esta tecnologia em ultrapequena escala encontra-se no mercado, sendo amplamente consumida, como nos protetores solares, telefones celulares, medicamentos, cosméticos, medicamentos veterinários, produtos para tratamento de água, para indústria aeroespacial, naval e automotora, siderúrgica, entre outros. Inclusive esse amplo rol é aberto devido ao processo contínuo de desenvolvimento das nanotecnologias¹³. Portanto, vislumbra-se na atualidade uma atenção por parte do Direito às nanotecnologias.

¹² SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (SNSF). National Research Programme NRP 64. **Opportunities and risks of nanomaterials: results, outcome and perspectives** – final brochure. Wildhainweg, Mar. 2017. p. 6. Disponível em: <<http://www.nrp64.ch>>. Acesso em: 08 mai 2018.

¹³ HOHENDORFF, Raquel von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. p. 9.

Somente para demonstrar a gama de produtos existentes em nível global, é possível apresentar os números gerais registrados pela *Nanotechnology Products Database* (NPD) – Base de Dados de Produtos de Nanotecnologia [tradução nossa] –, criada em janeiro de 2016. Com a finalidade de se tornar uma fonte de informação confiável, acreditada e atualizada para a análise e caracterização de produtos nanotecnológicos (ou seja, nanoprodutos) introduzidos nos mercados globais, cataloga-se e registra-se toda capacidade de produção de nanotecnologia desenvolvida no mundo. Com base então na NPD, pode-se afirmar que atualmente existem 8219 produtos com nanotecnologias, produzidos por 1941 companhias, oriundos de 56 países. Desta forma, a nanotecnologia aparece diariamente na vida em sociedade, desde produtos cosméticos (protetor solar, creme antirugas), shampoos, até mesmo produtos domésticos (bebedouro d'água) e medicamentos, indústria bélica, dentre outras várias áreas¹⁴.

Em virtude desta investigação ter sido delimitada no *nanowaste* no solo, que envolve também áreas de agricultura e alimentos dela originados, é possível apresentar a visão das nanos inseridas neste contexto específico, conforme definido pela NPD¹⁵:

Nas últimas décadas, os mercados globais de nanotecnologia têm crescido a um ritmo considerável, em linha com a aplicação para a divisão industrial da agricultura. Uma grande proporção de pessoas enfrenta escassez diária de alimentos como resultado de impactos ambientais, enquanto no mundo desenvolvido há um excedente alimentar. A saída é desenvolver meios resistentes à secas e pragas, que também maximizam o rendimento. A nanotecnologia tem o potencial de revolucionar a indústria agrícola com novas ferramentas para a detecção de doenças, aumentando a capacidade das plantas de absorverem nutrientes, minimizando as perdas de nutrientes na fertilização e aumentando os rendimentos através de uma gestão otimizada dos nutrientes. Tais nanopartículas como a prata e o dióxido de titânio, com propriedades químicas, físicas e mecânicas únicas, são

¹⁴ INTRODUCTION. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁵ AGRICULTURE. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017b. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

os nanomateriais mais comuns relatados nos produtos baseados em nanotecnologia do setor agrícola que melhoram a folhagem das plantas, desenvolvem tolerância ao estresse, prolongam a vida útil dos produtos e melhoram a eficiência de nutrientes do solo.

Os produtos à base de nano da indústria agrícola são classificados nas seguintes subdivisões:

1. Pecuária
2. Fertilizantes
3. Regulamento relativo ao crescimento das plantas
4. Proteção das plantas
5. Melhoria do solo. [tradução nossa]

Portanto, a relação das nanotecnologias e resíduos no solo estão intrinsecamente ligados, pois além da própria aplicação das nanos nesta área, os demais produtos, no momento do descarte ou de qualquer via de tratamento do *nanowaste*, acabam entrando em contato com o solo.

Atualmente encontram-se no mercado 237 produtos, de 32 tipos diferentes, desenvolvidos por 62 companhias em 24 países, divididos especificamente nesta classificação, conforme Figura 2¹⁶.

Figura 2 – Descrição e Quantidade de Produtos com Nano no Solo

Animal Husbandry		Fertilizers		Plant Breeding	
Products	55	Products	92	Products	41
Companies	24	Companies	31	Companies	5
Countries	15	Countries	14	Countries	5
Plant Protection		Soil Improvement			
Products	41	Products	8		
Companies	13	Companies	3		
Countries	9	Countries	3		

Fonte: Agriculture...¹⁷.

¹⁶ AGRICULTURE. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://product.statnano.com/industry/agriculture>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁷ AGRICULTURE. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://product.statnano.com/industry/agriculture>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

De outra banda, a presença das nanotecnologias está em quase todos os ramos da indústria, desde farmacêutica, bélica, cosméticos, até mesmo em aparelhos domésticos dos mais comuns, como se pode observar no guia publicado por uma revista *on line* americana – *The Conversation* –, intitulado *A guide to the nanotechnology used in the average home*, de Shearer¹⁸, onde colocam uma série de produtos domésticos com esta nova tecnologia. Portanto, a era nanotecnológica vem dominando todos os espaços da sociedade, despejando no mercado inúmeros nanoproductos, o que traz à tona complexidades antes sequer pensadas, que geram novos direitos e demandas, às quais o Direito deve reformular respostas adequadas.

Tendo em vista a grande evolução desta nova tecnologia, pode-se constatar a necessidade de maior debate sobre elas, principalmente no que tange a possibilidade de danos futuros ao meio ambiente e vida humana, dada a complexidade e particularidade destes materiais em escala tão pequena. Ressalta-se a ausência de regulação específica para as nanos, o que incompatibiliza os preceitos do Princípio da precaução, indispensável neste contexto de incertezas científicas, principalmente quando realizadas as devidas ponderações sobre elas, como a diferenciação através das suas dimensões, aspecto a ser explorado na segunda parte desta investigação.

Incide neste cenário a preocupação mundial com as nanos. É possível observar que o debate e estudos vêm ocorrendo em nível global, nos países desenvolvidos, e de maneira progressiva nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

O tema das nanotecnologias integra a Estratégia do Programa Quadro *Horizonte 2020* da União Europeia, estabelecendo expressamente:

As tecnologias facilitadoras essenciais, como, por exemplo, a indústria de ponta e de materiais avançados, a biotecnologia e as nanotecnologias, estão no cerne dos produtos inovadores: telefones inteligentes, baterias de alto rendimento,

¹⁸ SHEARER, Cameron. *A guide to the nanotechnology used in the average home*. **The Conversation**, Cambridge, July 4 2016. Disponível em: <<http://theconversation.com>>. Acesso em: 07 mai 2018.

veículos ligeiros, nanomedicamentos, tecidos inteligentes e muito mais. A indústria transformadora europeia é o maior empregador, com 31 milhões de trabalhadores em toda a Europa. [tradução nossa]¹⁹

No panorama nacional, verifica-se o estudo realizado em 2015, através de publicação do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), coordenado por Marcial, onde debateram as *Megatendências Mundiais para 2030*. Com os atuais questionamentos sobre o que as entidades e personalidades mundiais pensam sobre o mundo, verificou-se o crescimento dos investimentos e aplicação no campo da nanotecnologia e biotecnologia²⁰.

Até 2030, haverá manutenção da revolução tecnológica, integrando a biotecnologia, a nanotecnologia, as TIC e as tecnologias dos materiais em ritmo acelerado. Os avanços em áreas como novos materiais e bioengenharia estão mudando os princípios farmacêuticos e de cuidados médicos no que diz respeito a inovações em produtos e serviços para saúde humana. No campo da medicina, principalmente nos países desenvolvidos, há alta probabilidade de haver forte avanço em gerontologia e tecnologias genéticas, com uso de nanochips e tecnologia de microsensores, transplantes de órgãos, células nervosas, retina etc., que permitirá um aumento substancial na vida média humana (Rockefeller Foundation e GBN, 2010). A convergência tecnológica também pode ser observada no campo energético (...). No entanto, o ritmo de transformação tecnológica é difícil de prever e algumas novas tecnologias necessitam de estudo mais aprofundados e de estratégias de investimento, dado seu potencial impacto sobre o desenvolvimento humano. São exemplos disso o uso da biotecnologia e da nanotecnologia na geração de energia (European Commission, 2011). Tudo indica, por exemplo, que a energia solar será muito mais efi-

¹⁹ UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia. **HORIZON 2020**: em breves palavras: o programa-quadro de investigação e inovação da EU. Bruxelas, 2014. p. 9-10. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²⁰ MARCIAL, Elaine C. (Org.). **Megatendências mundiais 2030**: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015. p. 99. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

ciente no futuro. Essa eficiência ocorrerá em função dos avanços nos materiais utilizados, incluindo polímeros e nanopartículas.²¹

Ainda na conjuntura brasileira, a preocupação com a face-ta nebulosa dos nanoprodutos fez com que o governo brasileiro, através do secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Álvaro Prata²², discutisse a regulamentação destes produtos: "Precisamos avançar neste tema para garantirmos que a sociedade se sinta confiante e segura ao utilizar produtos com nanotecnologia".

De acordo com o pesquisador José Mauro Granjeiro²³, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO),

(...) a definição de critérios objetivos facilita não apenas o trabalho do regulador, que precisa conferir a ação e os efeitos adversos de cada item avaliado, mas também do agente inovador. 'O produtor vai ficar sabendo exatamente quais informações ele terá que apresentar para sua invenção ser aprovada. Isso vai acelerar todo o processo, o que trará muitos benefícios para o país, principalmente do ponto de vista econômico, já que queremos que as inovações se transformem em produtos comerciais', explicou. De acordo com Granjeiro, a principal preocupação está relacionada aos efeitos crônicos da nanotecnologia. 'Ainda é preciso realizar mais estudos sobre as consequências, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente, do uso continuado destes materiais'.

²¹ MARCIAL, Elaine C. (Org.). **Megatendências mundiais 2030**: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015. p. 110. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

²² PRATA, Álvaro apud MINISTÉRIO discute a regulamentação de produtos oriundos de nanotecnologia. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://lqes.igam.unicamp.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

²³ GRANJEIRO, José Mauro apud MINISTÉRIO discute a regulamentação de produtos oriundos de nanotecnologia. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://lqes.igam.unicamp.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

Retornando ao quadro europeu, cabe destacar a revisão de junho de 2015 do documento intitulado: *High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies*²⁴, referente a uma comunicação da Comissão Europeia datada de 2009, intitulada: *Preparing for our Future: Developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in the EU*. Neste documento foram identificados seis *Key Enabling Technologies* e uma delas são as nanotecnologias.

O debate e desenvolvimento de pesquisas no cenário americano, Estados Unidos da América (EUA), igualmente é realizado. Através do NIOSH, verifica-se o trabalho desenvolvido em nanos, chamado *Construindo um Programa de Segurança para Proteger a Força de Trabalho de Nanotecnologia: um Guia para Pequenas e Médias Empresas* [tradução nossa]:

O desenvolvimento responsável das nanotecnologias inclui a verificação das consequências potenciais e não intencionais para a saúde humana e o ambiente, as quais podem acompanhar o desenvolvimento e a utilização da tecnologia. Este guia irá demonstrar que a chave para garantir a segurança do seu negócio, especialmente quando os recursos são limitados, é prevenir exposições ocupacionais e incidentes antes que eles aconteçam. [tradução nossa]²⁵

Neste mesmo protocolo, pode-se citar os elementos mais críticos, elencados como:

- a) toxicologia e dose interna;
- b) avaliação de risco;
- c) epidemiologia e vigilância;

²⁴ EUROPEAN COMMISSION. High-Level Expert Group on key Enabling Technologies (HLG-KET). **Final Report**: KETs: time to act, Brussels, June 2015. Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²⁵ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Building a safety program to protect the nanotechnology workforce**: a guide for small to medium-sized enterprises. By Hodson L, Hull M. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2016b. p. 5. (DHHS NIOSH Publication, n. 2016-102). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

- d) controles de engenharia e equipamentos de proteção individual (EPI);
- e) métodos de medida;
- f) avaliação da exposição;
- g) segurança contra incêndio e explosão;
- h) recomendações e orientações;
- i) comunicação e informações;
- j) aplicações²⁶.

A Comissão Europeia da União Europeia, pela *Joint Research Centre* (JRC) de 2015, relata em seu relatório anual, que também vem destinando grandes esforços na área das nanotecnologias, conforme relatório geral apresentado, o qual reporta as atividades desenvolvidas, realizações e recursos relacionados com o trabalho desenvolvido pela comissão naquele ano. É apresentação de um panorama das realizações e atividades científicas. No documento, expõe a contribuição para a revisão em curso da definição de nanomateriais e reforçou a base industrial com duas novas tecnologias de ponta provenientes da investigação nuclear²⁷.

Ainda, afirmam que definição exata de um nanomaterial representa a porta de entrada para a produção, a utilização e a segurança da avaliação da saúde e do meio ambiente. A Comissão está revisando suas definições e o resultado estava previsto para 2016. Ademais, estabeleceu-se a futura colaboração nos domínios da energia, dos transportes, nanotecnologia, referência de materiais, saúde e ambiente, inovação e crescimento. Esta comissão e as autoridades da academia de Ciências já colaboraram com sucesso em vários projetos científicos no âmbito da Estratégia-Quadro da Programas de investigação e inovação, bem

²⁶ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório de acompanhamento setorial**: nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. Brasília, DF, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

²⁷ EUROPEAN UNION. European Commission. A stronger global actor. **Annual Report 2015**: Joint Research Centre (JRC), Brussels, 2016b. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

como nas redes científicas internacionais, tais como as Academias de Ciências da região do Danúbio²⁸: “The exact definition of a nanomaterial represents the gateway to its wider production, use and safety assessment for human health and the environment [...]”²⁹.

This set the framework for future collaboration in the fields of energy, transport, nanotechnology, reference materials, health and environment, innovation and growth. The JRC and the Slovak Academy of Sciences have already cooperated successfully on several scientific projects under the EU's Framework Programmes for research and innovation, as well as within international scientific networks, such as the Academies of Sciences of the Danube region.³⁰

A Alemanha é destaque, estando sempre um passo adiante no que tange às regulações e nanotecnologias. Através de diversos organismos federais, já houve publicação de diversos protocolos de avaliação das nanotecnologias e meio ambiente, com o intuito de expor medidas acautelatórias, fazendo jus ao Princípio da Precaução. Cita-se, como exemplo, o plano de ação desenvolvido em departamento próprio e interdisciplinar no governo federal da Germany – no Ministério da Educação e Pesquisa –, chamado de *Action Plan Nanotechnology 2020*³¹. Outro estudo chama atenção, inserido na proposta do plano de ação mencionado, e ainda fazendo parte do Horizonte 2020³², intitula-se *Nanomaterials*

²⁸ EUROPEAN UNION. European Commission. A stronger global actor. **Annual Report 2015**: Joint Research Centre (JRC), Brussels, 2016b. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

²⁹ EUROPEAN UNION. European Commission. A deeper and fairer internal market with a strengthened industrial base. **Annual Report 2015**: Joint Research Centre (JRC), Brussels, p. 17, 2016a. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

³⁰ EUROPEAN UNION. European Commission. JRC partners in the eu and beyond. **Annual Report 2015**: Joint Research Centre (JRC), Brussels, p. 22, 2016c. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

³¹ GERMANY. Federal Ministry of Education and Research. **Action plan nanotechnology 2020**: an inter-departmental strategy of the Federal Government. Rostock, Oct. 2016. Disponível em: <<https://www.bmbf.de>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

³² UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia. **HORIZON 2020**: em breves palavras: o programa-quadro de investigação e inovação da EU. Bruxelas, 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

e outros Materiais Avançados: Segurança da Aplicação e Compatibilidade Ambiental [tradução nossa]³³, elaborado pela união de diversos órgãos federais alemães, como a Agência Alemã de Meio Ambiente, Instituto Nacional de Metrologia, Instituto Federal para Avaliação de Risco, Instituto Federal para Saúde e Segurança Ocupacional, e ainda o Instituto Federal para Pesquisa de Materiais e Testes.

Portanto, sabe-se que a pesquisa e atualidade das nanotecnologias estão em evidência, bem como seus produtos. Entretanto, não há regulação única sobre o tema. Existem inúmeros protocolos e diretrizes produzidos por agências e órgãos internacionais sobre esta nova tecnologia e sua gestão de risco, além dos anteriormente citados, como a *National Institute for Health* (NIH) dos EUA, *National Science Foundation* (NSF), ISO, OECD³⁴, BSI, na União Europeia a Comissão Europeia e Parlamento Europeu, *European Medicines Agency*, *Co-nanomet*, *European Agency for Safety and Health at Work*, dentre outras. Essas diretrizes, avaliações de risco e recomendações poderiam ser aproveitadas para a geração de um marco normativo interno³⁵.

³³ PACKROFF, Rolf et al. **Nanomaterials and other advanced materials**: application safety and environmental compatibility: review of the joint research strategy of the higher federal authorities. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2016. Disponível em: <<https://www.baua.de>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

³⁴ Tamanho o empenho desta organização internacional, que se pode ressaltar o estudo realizado pela OECD, sobre resíduos de nanomateriais. Despertados por este questionamento, e aliando-se ao Princípio da Precaução, é possível considerar as recomendações e protocolos elaborados pela OECD, cujo foco de seus questionamentos é a busca por respostas adequadas quanto aos resíduos produzidos em nano escala, ou seja, o descarte final de nanomateriais, em virtude desta enorme produção, sem qualquer cuidado quanto ao descarte. Assim, justificou-se a pesquisa ante o grande desenvolvimento em nano escala, a fim de avaliar processos de tratamento de resíduos, relacionando-os aos nanomateriais, com a finalidade de minimizar os riscos existentes, retirando de evidências literárias em específicos tratamentos de lixo (resíduos), como na reciclagem, incineração, disposição de lixo em aterros e tratamento de água. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams**: current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

³⁵ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In:

Desta maneira, ante os estudos propostos e movimento das organizações internacionais ao redor do mundo, fica clara a crescente presença das nanotecnologias, tanto de seus produtos quanto das demandas deles originários. A utilização dos nanoprodutos é uma realidade, de maneira irrestrita na sociedade, sem que se saiba ainda sobre seus efeitos no meio ambiente e vida humana. Até mesmo não há informação adequada sobre tal aspecto, de forma que o manejo e comércio dá-se de forma imprudente.

Em virtude do grande desenvolvimento e consumo de nanoprodutos, por conseguinte, serão descartados no meio ambiente um número cada vez maior de nanomateriais, que por ora, não adota nenhum protocolo específico. Com base na atenção aos resíduos nanotecnológicos, Mraz provoca em sua matéria: *Nanowaste: o Próximo Grande Tratamento?* [tradução nossa]³⁶, afirmando que os governos devem investir uma porcentagem maior de seus orçamentos voltados à segurança dos nanomateriais bem como demandar maiores esforços nas pesquisas a este novo tipo de resíduo, o *nanowaste*, do qual não se tem certeza científica quanto seus efeitos no ecossistema e vida humana³⁷.

Como o objeto deste trabalho é aferir as complexidades do *nanowaste* e gestão apropriada, importante que se introduza as principais inquietações sobre estes resíduos, tendo o foco na análise do ciclo de vida (com maior profundidade apresentado no capítulo 2) e destinação final, com respeito ao Princípio da precaução, conforme Part et al.³⁸ lecionam:

ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina**: desafios do século XXI. Curitiba: Multideia, 2015.

³⁶ MRAZ, Stephen J. Nanowaste: the next big threat?. **Machine Design**, Cleveland, v. 77, n. 22, p. 46, Nov. 17 2005. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

³⁷ MRAZ, Stephen J. Nanowaste: the next big threat?. **Machine Design**, Cleveland, v. 77, n. 22, Nov. 17 2005. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

³⁸ PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, p. 407, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

Os nanomateriais de engenharia (ENMs) já são amplamente utilizados em diversos produtos de consumo. Ao longo do ciclo de vida de um produto nano-habilitado, os ENMs podem ser liberados e posteriormente se acumulam no meio ambiente. Os modelos de fluxo de materiais também indicam que uma variedade de ENMs podem se acumular em fluxos de resíduos. Portanto, um novo tipo de resíduos, o chamado nanowaste, é gerado quando do fim-de-vida dos ENMs e quando produtos nano-habilitados são descartados. Em termos do princípio da precaução, o monitoramento ambiental dos ENMs em fim de vida é crucial para avaliar o impacto potencial dos nanowaste no nosso ecossistema. A análise de rastreamento e a quantificação de espécies nanoparticuladas é muito desafiadora por causa da variedade de tipos de ENM que são utilizados em produtos e baixas concentrações de nanowaste esperados em mídia complexa ambiental. (...). A maioria dos estudos visa investigar o destino do nanowaste durante a incineração, particularmente considerando as medidas de aerossóis; considerando os estudos detalhados centrados na liberação potencial de nanowaste durante a reciclagem de resíduos, os processos atualmente não estão disponíveis. Em termos de métodos analíticos adequados, técnicas de separação acopladas a métodos baseados em espectrometria são ferramentas promissoras para detectar nanowaste e determinar tamanho de partícula na distribuição em amostras de resíduos líquidos. [tradução nossa]

O *nanowaste* é um dos focos mais importantes da atualidade, seguindo o fluxo necessário de estudos como de qualquer resíduo. Especialmente os resíduos nanotecnológicos precisam de atenção redobrada, dada as particularidades de suas características e interações físico-químicas do meio ambiente, ficando uma preocupante lacuna sobre os efeitos desta disposição de nanomateriais no ecossistema, sem adoção de medidas mínimas de cautela para proteção.

Por fim, uma vez que esta tecnologia não possui reflexo humano ainda comprovado, mas se observa em pesquisas a possibilidade de risco, urge que se fomente a adoção de instrumento com pretensão regulatória, de maneira a respeitar o princípio da precaução, e principalmente observando o enquadramento das nanos nas dimensões da incerteza, que será apresentado no segundo tópico do trabalho.

Face a inserção da era nanotecnológica no contexto de risco, necessário conhecer a faceta ambígua desta tecnologia. Ao mesmo passo que se caminha para descobertas maravilhosas e benéficas com utilização da nanotecnologia – como novos medicamentos, processos remediadores de poluição, produtos mais duráveis e eficientes –, encontram-se em paralelo pesquisas apontando para o risco desta nova tecnologia, com potencial prejuízo à saúde humana e meio ambiente. Observa-se o cenário do risco, e no próximo ponto explorar-se-á estas possibilidades conflitantes das nanos, para num segundo momento explanar sobre as dimensões da incerteza, procurando a medida equivalente à precaução exigida.

1.2. Uma Maravilhosa Descoberta? A Ambivalência da Era Nanotecnológica: das Benesses aos Possíveis Danos (Futuros?)

A quantidade de nanoprodutos aumenta rapidamente, e paralelo a esse desenvolvimento crescem as preocupações sobre os danos que as nanotecnologias poderão provocar, especialmente em relação aos trabalhadores, em virtude de sua exposição, devendo trazer-se o foco para a relação com o meio ambiente, saúde e segurança³⁹. É desta forma que nos deparamos com o risco, o qual demanda por óbvio uma conduta precaucional quando nos referimos às nanotecnologias, cada vez mais inseridas no nosso dia-a-dia. Nesta senda, ensina Wittmann⁴⁰:

No que tange às consequências das nanotecnologias há de se considerar que os riscos são diversos, seja pelo impacto negativo ou sobre os logros positivos para a natureza e sociedade e, nesse contexto, 'na sociedade complexa o risco

³⁹ ENGELMANN, Wilson. Os avanços nanotecnológicos e a (necessária) revisão da Teoria do Fato Jurídico de Pontes de Miranda: compatibilizando "riscos" com o "direito à informação" por meio do alargamento da noção de "suporte fático". In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 8. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2011b.

⁴⁰ WITTMANN, Cristian Ricardo. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. p. 91.

torna-se um elemento decisivo'. Há neste debate entre nanotecnologias, inovação tecnológica, sociedade de risco, equidade intergeracional e a sociedade uma complexidade sistêmica inédita que, todavia, ingressa no ambiente jurídico por meio da compreensão dos riscos que envolvem e ameaçam o direito à sustentabilidade.

Conforme leciona Engelmann⁴¹, a respeito das nanotecnologias, o *chamado futuro já começou*, pois elas estão em processos de instalação constante e crescente, e apesar de desconhecer a maioria dos riscos que este conjunto de novidades está carregando consigo, a melhor opção não é ser contra e nem promover o movimento da moratória:

O engajamento público se vislumbra como um caminho adequado, no sentido de se acompanhar democraticamente a avaliação dos impactos sociais, ambientais e jurídicos das novas nanotecnologias. Será preciso acompanhar e buscar a observância do princípio da precaução, buscando a minimização dos efeitos negativos que inevitavelmente acompanham qualquer novidade.⁴²

Algumas das características que são úteis no desenvolvimento de produtos novos e melhorados também causam preocupação. Alguns nanomateriais são tipos inteiramente novos de composições, que podem ter novos e inesperados efeitos sobre os organismos vivos. O tamanho pequeno dos nanomateriais leva à preocupação sobre se eles podem atravessar membranas biológicas e, assim, ser tomadas por células e órgãos. Além disso, partículas pequenas podem se acumular profundamente nos pulmões se inaladas e permanecer lá por um longo período, porque eles são limpos lentamente a partir desta parte do pulmão. Existe também a preocupação de que o aumento da reatividade de mate-

⁴¹ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina: desafios do século XXI**. Curitiba: Multideia, 2015.

⁴² ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina: desafios do século XXI**. Curitiba: Multideia, 2015. p. 107.

riais conhecidos na nanoforma pode levar a efeitos aumentados ou indesejados nos seres humanos e no ambiente⁴³.

Discorrem Baruah e Dutta⁴⁴ sobre o risco e formas de entrada de nanopartículas no corpo humano:

Os materiais em nanoescala estão no mesmo tamanho que o DNA, o bloco básico de construção de espécimes biológicas, e tem a possibilidade de reagir com espécimes biológicos, ao contrário de maiores partículas. O amplo espectro de aplicações potenciais de nanopartículas levanta questões sobre a segurança de seu uso e efeitos adversos em espécies não visadas. Tanto os expoentes como os críticos da nanotecnologia estão achando extremamente difícil de defender suas crenças, pois há informações limitadas disponíveis para apoiar qualquer lado. Foi apresentado que os nanomateriais podem entrar no corpo humano através de várias portas. Contato involuntário durante a produção ou uso é mais provável que aconteça através dos pulmões de onde uma translocação rápida através da corrente sanguínea é possível a outros órgãos vitais. Em nível celular, a capacidade das nanopartículas para atuar como um vetor de genes foi demonstrado. As nanopartículas de carbono negro foram observadas para interferir com sinalização celular. [tradução nossa]

Por esta razão, importante ser investigado o aspecto dos riscos⁴⁵. Eles existem e estão sendo destacados por pesquisas científicas

⁴³ CHRISTENSEN, Frans Møller et al. **Better control of nanomaterials**: summary of the 4-year Danish initiative on nanomaterials. Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency, 2015. (Environment protect, n. 1797). Disponível em: <<http://www2.mst.dk>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

⁴⁴ BARUAH, S; DUTTA, J. Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. **Environmental Chemistry Letters**, Secaucus, v. 7, n. 3, p. 201-202, Sept. 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁴⁵ "Los programas y las obligaciones procedimentales de definir programas son importantes para el Derecho de los riesgos. Estos tienen una función de dirección de la discrecionalidad y se parecen, de esa forma, a los reglamentos que concretan normas. Aquí se hace evidente cómo la práctica genera nuevas formas de racionalización de los márgenes de decisión a los que pueden conectarse la dogmática y los controles". FRANZIUS, Claudio. Autorregulación regulada como estrategia de coordinación. In: GARDELLA, M. Mercè Damacullea I; PARDO, José Esteve; DÖHMANN, Indra Spiecker (Ed.). **Estrategias del derecho ante la incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 231.

ficas publicadas em revistas qualificadas de diversas áreas, relacionadas a diversos nanomateriais como os nanotubos de carbono⁴⁶ e a nanoprata. Esse último é um dos nanomateriais engenhei-

⁴⁶ O CNPq em conjunto com o MCTI, lançaram em 2011, edital para a formação das primeiras redes sobre nanotoxicologia no Brasil. Até este momento, ainda não havia nenhum fomento específico para o desenvolvimento desta área de pesquisa. No âmbito desse edital foi apresentado o projeto de pesquisa intitulado *Nanotoxicologia ocupacional e ambiental: subsídios científicos para estabelecer marcos regulatórios e avaliação de riscos* (MCTI/CNPq processo 552131/2011-3), que já produziu alguns resultados, apontando efeitos tóxicos de algumas nanopartículas investigadas: a) 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, Roberta Socoowski et al. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60 (OH) 18-22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 114-115, June 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017. Outro estudo mostra possíveis efeitos tóxicos no cérebro (neurotoxicidade) dos peixes Zebrafish (*Danio rerio*) expostos aos nanotubos de carbono. DAL FORNO, Gonzalo Ogliairi et al. Intraperitoneal exposure to nano/microparticles of fullerene (c60) increases acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation in Adult Zebrafish (*Danio rerio*) Brain. **BioMed Research International**, New York, v. 2013, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com>>. Acesso em: 10 jul. 2017. Compostos da indústria de nanotecnologia, como os nanomateriais à base de carbono, são fortes candidatos a contaminar ambientes aquáticos, pois sua produção e eliminação têm crescido exponencialmente em poucos anos, sem que se tenha estudos conclusivos sobre a sua efetiva interação com o meio ambiente. Recente estudo demonstrou que o fulereno C60 diminuiu a viabilidade das células e prejudicou a detoxificação de enzimas, evidenciando interações toxicológicas. FERREIRA, Jonsecler L. Ribas et al. Co-exposure of the organic nanomaterial fullerene C60 with benzo[a]pyrene in *Danio rerio* (zebrafish) hepatocytes: evidence of toxicological interactions. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 147, Feb. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 09 jul. 2017. Procurando confirmar as informações sobre a toxicidade dos nanotubos de carbono, destaca-se a seguinte matéria: "Estudos conduzidos em parceria por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) e do Instituto de Pesca do Estado de São Paulo, em Cananeia, no litoral sul paulista, mostraram que quando nanotubos de carbono entram em contato com substâncias tóxicas como chumbo e pesticidas em ambientes aquáticos há um aumento expressivo de toxicidade para peixes como tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), camarões-d'água-doce e outras espécies. Os mais recentes resultados da pesquisa que avaliou a interação entre esses nanomateriais e carbofurano, um pesticida com alta toxicidade utilizado no Brasil em culturas agrícolas, foram publicados on-line na revista *Ecotoxicology and Environmental Safety* em novembro e saíram na edição impressa em janeiro de 2015". [grifo do autor]. ERENO, Dinorah. Interações fatais. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 226, p. 70, dez. 2014. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

rados (aqueles produzidos a partir da ação humana) mais comuns usados em produtos para o mercado consumidor. Tem uma relevante atividade antibactericida e baixo custo de produção. No entanto, apresenta mecanismos de toxicidade, aspecto que não está recebendo a devida atenção pelos fabricantes ou, pelo menos, esse *detalhe* não aparece em nenhum rótulo ou material de divulgação. A nano prata⁴⁷, por exemplo, é utilizada na linha branca de eletrodomésticos, bebedouros, aparelhos de ar condicionado e outros itens de uso e contato diário pelo consumidor.

A dúvida e incerteza científica quanto aos impactos dos nanos no meio ambiente é latente, principalmente no solo, conforme Dimpka interroga: “A nanotecnologia pode oferecer os benefícios prometidos sem impactar negativamente a vida microbiana do solo?” [tradução nossa]⁴⁸. Dimkpa⁴⁹ afirma que os benefícios prometidos nas nanotecnologias, podem vir acompanhados de riscos para o meio ambiente: plantas não-alvo, micróbios de solo de planta-benéficas e outras formas de vida poderiam ser impactadas se nanopartículas (nanomateriais) contaminassem o meio ambiente.

A literatura atual indica que, além dos efeitos da população e da escala organizacional nos micróbios, outros impactos sutis de

⁴⁷ Cabe destacar o seguinte acontecimento nos EUA: em 24 de março de 2015, a Agência (americana) de Proteção Ambiental [tradução nossa] – Environmental Protection Agency (EPA) concordou em regular o nanomaterial de prata como um novo pesticida, resultado de uma ação judicial movida pelo Centro de Segurança Alimentar [tradução nossa] – Center for Food Safety (CFS), que é uma organização nacional americana de interesse público e defesa ambiental, sem fins lucrativos, trabalhando para proteger a saúde humana e o meio ambiente, reduzir o uso de tecnologias de produção de alimentos nocivos e à promoção de formas orgânicas e de agricultura sustentável). CENTER FOR FOOD SAFETY (CFS). **EPA agrees to regulate novel nanotechnology pesticides after legal challenge**. Washington, Mar. 24 2015. Disponível em: <<http://www.centerforfoodsafety.org>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

⁴⁸ DIMKPA, Christian O. Can nanotechnology deliver the promised benefits without negatively impacting soil microbial life?. **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, v. 54, n. 9, p. 889, Sept. 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁴⁹ DIMKPA, Christian O. Can nanotechnology deliver the promised benefits without negatively impacting soil microbial life?. **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, v. 54, n. 9, Sept. 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

nanopartículas são observadas no ciclo do nitrogênio, atividades da enzima do solo e processos envolvidos no metabolismo, e produção de antibióticos. Coletivamente, os resultados publicados sugerem que a nanotecnologia apresenta consideravelmente, muitas implicações negativas para os micróbios do solo e, de conseqüentemente, atinge igualmente processos agrícolas que são conduzidos microbialmente. Aproveitar todos os benefícios da nanotecnologia sem degradar o agro-ecossistema requer mais estudos realizados em condições reais de ambiente (solo ou outras matrizes de crescimento comercial) de sistemas de plantas-micróbios. Estudos de avaliação de risco realizado em sistemas integrados de plantas com nanopartículas ajudaria no desenvolvimento de medidas de mitigação⁵⁰.

Seguindo a linha dos riscos das nanos ao solo, observa-se que o instituto de pesquisa holandês Alterra demonstrou que nanopartículas podem gerar danos à saúde de minhocas, na medida em que a exposição ao solo contaminado com nanopartículas de carbono mostrou um efeito *significativo*, incluindo a redução no crescimento da população, aumento da mortalidade e os danos aos tecidos (erosão da pele e da parede intestinal). As mesmas características que tornam as nanopartículas úteis em muitos produtos, tais como a reatividade química e persistência, causam preocupação sobre seus potenciais efeitos adversos para a saúde⁵¹.

Scott-Fordsmand⁵², em outra pesquisa dirigida ao solo, reafirma que alguns nanomateriais podem causar danos ao funcionamento e ciclos reprodutivos das minhocas, que possuem papel fundamental na ciclagem de nutrientes que sustenta a função do ecossistema. As minhocas são utilizadas no intuito de testar a toxi-

⁵⁰ DIMKPA, Christian O. Can nanotechnology deliver the promised benefits without negatively impacting soil microbial life?. **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, v. 54, n. 9, Sept. 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁵¹ RUITENBERG, Rudy. Earthworm Health Hurt by nanoparticles in Soil in Alterra Study. **Bloomberg**, [S.l.], Jan. 29 2013. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

⁵² SCOTT-FORDSMAND, J. J et al. The toxicity testing of double-walled nanotubes-contaminated food to *Eisenia veneta* earthworms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 71, n. 3, Nov. 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

cidade no solo porque estão constantemente processando o seu conteúdo e são consumidos pelos grandes vertebrados. Além da importância vital de microrganismos do solo, bem como a sua diversidade e a falta de investigações claras sobre a toxicidade dos nanomateriais ou outros impactos negativos sobre estes microrganismos demonstra a necessidade de mais atenção nesta questão. Portanto, a comunidade de pesquisa precisa se concentrar na compreensão da reatividade, mobilidade, destino, persistência e efeitos dos nanomateriais em ecossistemas terrestres⁵³.

Dando ênfase à poluição, se encontram as pesquisas de Gatti e Montanari⁵⁴, mostrando diversas doenças que podem ser geradas pelas partículas em escala nano, a maioria delas presentes na poluição do ar, por exemplo.

O objeto desta investigação trata dos resíduos nanotecnológicos e a gestão dos riscos, face a ausência de regulação. Com a preocupação sobre o nano lixo ou o *nanowaste*, apresenta o Jornal *The Guardian* o questionamento: *Nano: uma Opção Mais Limpa? A Nanotecnologia Poderia Arrumar o Planeta sem Deixar Resíduos Perigosos?* [tradução nossa]. Para tais dúvidas não se vislumbram ainda respostas com certeza científica, mas pelo que se analisa dos estudos até agora apresentados, o *nanowaste*, ou resíduos nanotecnológicos, podem trazer mais riscos que os resíduos em escala macro⁵⁵.

Estes estudos ratificam a necessidade de um crescente cuidado com a saúde e a segurança do ser humano e a atenção com o meio ambiente. As respostas obtidas das Ciências Exatas, que também poderão ser denominadas como Ciências Produção, até o momento, são provisórias, não conclusivas e, muitas vezes, contraditórias, mas com evidências de riscos, merecendo a

⁵³ JAFAR, Gohargani; HAMZEH, Ghasemi. Ecotoxicity of nanomaterials in soil. **Annals of Biological Research**, London, v. 4, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://www.scholarsresearchlibrary.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁵⁴ GATTI, Antonietta M.; MONTANARI Stefano. **Case studies in nanotoxicology and particle toxicology**. London: Elsevier, 2015.

⁵⁵ CAVE, Holly. Nano: a cleaner option? Could nanotechnology tidy up the planet without leaving a dangerous residue of its own?. **The Guardian**, London, Oct. 18 2013. Disponível em: <<https://www.theguardian.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

atenção das Ciências de Impacto⁵⁶. Aqui se abre um interessante campo para a regulação, que deverá ser ocupado com criatividade pelo Direito, mobilizando a flexibilização do Direito para utilizar instrumento alternativo com potencial (auto)regulatório, inserindo o jurídico no cenário da Revolução Nanotecnológica.

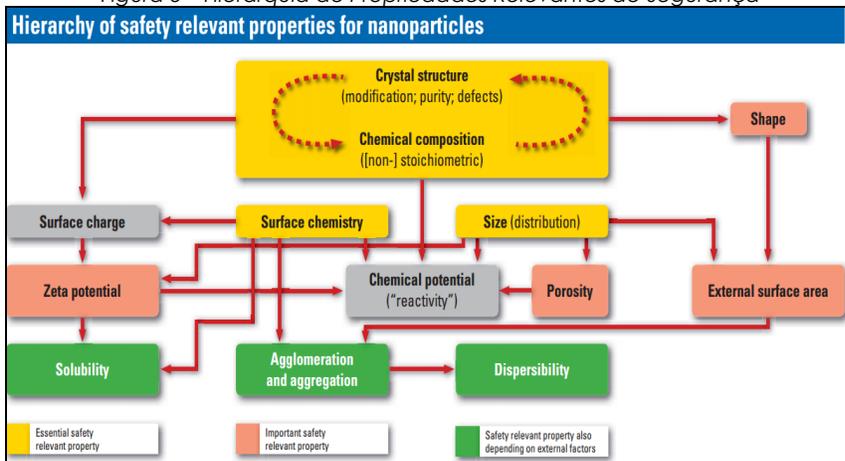
Tendo em vista as particularidades das nanopartículas, difícil chegar a um consenso quanto sua segurança, mas inúmeros estudos buscando uma análise aprofundada sobre estes aspectos vêm sendo realizados. Destaca-se o mapeamento da Figura 3, da *Hierarquia de Propriedades Relevantes de Segurança para Nanopartículas* [tradução nossa], desenvolvido por indústria alemã⁵⁷

⁵⁶ Uma pesquisa, que analisou mais de 10 mil publicações produzidas desde o ano 2000 examinou os efeitos na saúde humana ou pontos finais biológicos em animais ou culturas de células de diversos nanomateriais, tendo constatado que o número de estudos divulgados sobre o tema da segurança das nanotecnologias aumentou quase exponencialmente nos últimos 15 anos o número de artigos sobre nanotoxicologia. Apesar de terem sido encontrados apenas cerca de 200 documentos sobre o tema da *Nanomateriais: efeitos ambientais e de saúde* antes do ano 2000, esse número explodiu para mais de 10 mil desde 2001 até o início de 2014, período final de elaboração da bibliometria. A maioria desses estudos, no entanto, não oferece qualquer tipo de indicação clara sobre a segurança dos nanomateriais. Pelo contrário, a maioria deles são autocontraditórios ou chegam a conclusões completamente equivocadas. KRUG, Harald F. Nanosafety research – Are we on the right track? **Angewandte Chemie International Edition**, Weinheim, v. 53, n. 10, 2014. Special Issue. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 29 mai 2018.

⁵⁷ “As raízes da TÜV SÜD remontam à primeira associação de inspeção de caldeira a vapor, fundada por operadores de caldeiras a vapor, em 1866, em Mannheim como uma agência reguladora privada. O objetivo deste grupo de inspeção era ‘proteger as pessoas, o ambiente e os bens contra os riscos relacionados com tecnologia.’ Nos anos que se seguiram, associações similares surgiram em todos os centros industriais em toda a Alemanha, em Baden, Baviera, Hesse e Saxônia. Na Baviera, por exemplo, o ‘Bayerischer Dampfkessel-Revisions-Verein’ foi estabelecido. Passo a passo, essas associações (que evoluíram para as subsidiárias da TÜV SÜD de hoje após uma progressão de fusões) ampliaram seus campos de atividade, de acordo com o desenvolvimento tecnológico – adicionando campos de atuação, incluindo eletricidade, veículos, segurança contra incêndios, estações de energia, elevadores de passageiros, teleféricos, estações de energia nuclear, proteção ambiental, segurança do produto e sistemas de gestão. As últimas décadas têm testemunhado progresso na internacionalização das atividades da TÜV SÜD no mercado europeu, nas Américas e Ásia-Pacífico. Hoje, a TÜV SÜD é um fornecedor global de serviços técnicos”. TÜV SÜD DO BRASIL. **Nossa história: da inspeção à prestação de serviços**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.tuv-sud.com.br>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

TÜV SÜD, agência reguladora privada, que promove estudos específicos sobre nanosegurança⁵⁸.

Figura 3 – Hierarquia de Propriedades Relevantes de Segurança



Fonte: Klein, Weidl e Zöllner⁵⁹.

Observada a hierarquia operacionalizada, leva-se em consideração a estrutura e composição química, tamanho, superfície química, reatividade, porosidade, solubilidade, aglomeração, dispersabilidade, atentando ainda para fatores externos⁶⁰.

Exatamente por esta situação, em que pese os possíveis benefícios trazidos por esta nova escala de produção, incorremos em sérios riscos sobre seus efeitos no meio ambiente, inserindo-se assim no conceito da *Sociedade de Risco Mundial*, de Beck⁶¹. Em

⁵⁸ KLEIN, G.; WEIDL, T.; ZÖLLNER, R. **Applying nanotoxicology – A non-toxicologist's point of view**. Munich: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2017?]. Disponível em: <<https://www.tuev-sued.de>>. Acesso em: 09 jun. 2018. 1 pôster, color.

⁵⁹ KLEIN, G.; WEIDL, T.; ZÖLLNER, R. **Applying nanotoxicology – A non-toxicologist's point of view**. Munich: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2017?]. Disponível em: <<https://www.tuev-sued.de>>. Acesso em: 09 jun. 2018. 1 pôster, color.

⁶⁰ KLEIN, G.; WEIDL, T.; ZÖLLNER, R. **Applying nanotoxicology – A non-toxicologist's point of view**. Munich: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2017?]. Disponível em: <<https://www.tuev-sued.de>>. Acesso em: 09 jun. 2018. 1 pôster, color.

⁶¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

virtude de tal preocupação, é que a disseminação do debate sobre as *nanos* vem desenvolvendo-se cada vez mais em nível global. Em relação à análise do risco, traz-se a relevante teoria desenvolvida pelo ilustre alemão Beck⁶² citado anteriormente, da *Sociedade de Risco Mundial*, o qual já no início de sua obra *Un Mondo a Rischio*⁶³, questiona o que existiria em comum nos eventos tão diversos como o desastre de *Chernobyl*, as perturbações climáticas, o debate sobre a manipulação genética, a crise financeira de países asiáticos e ameaça atual de ataques terroristas. De pronto, revela que qualquer discrepância entre linguagem e realidade é o que Beck⁶⁴ chama de *sociedade mundial de risco*.

Beck⁶⁵ explica que o mundo de incerteza não quantificáveis, criados por nós mesmos, pode-se expandir muito, seguindo o ritmo do desenvolvimento tecnológico. Portanto, as decisões tomadas no passado no que diz respeito à energia nuclear e as atuais, como sobre a engenharia e exploração de engenharia genética, nanotecnologia, tecnologia da informação e assim por diante, é um gatilho de consequências imprevisíveis, incontrolláveis e mesmo incomunicável, que ameaçam a vida em nosso planeta. Segundo Beck⁶⁶:

Nel mondo moderno, il divario tra lingua dei rischi quantificabili, in base ai quali pensiamo e operiamo, e il mondo dell'incertezza non quantificabile, che abbiamo creato noi stessi, si amplia sempre piú, seguendo il ritmo dello sviluppo tecnologico. Le decisioni che abbiamo preso in passato in materia di energia nucleare e quelle attuali in merito dallo sfruttamento dell'ingegneria e della manipolazione genetica, della nanotecnologia, dell'informatica e cosí via scatenano conseguen-

⁶² BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

⁶³ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

⁶⁴ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

⁶⁵ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

⁶⁶ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003. p. 9-10.

ze imprevedibili, incontrollabili e addirittura incomunicabili, che minacciano la vita sul nostro pianeta.

A ambivalência de várias tecnologias e produtos gerados em escala nano é observada. As possibilidades ou efeitos positivos são muito grandes, entretanto, a probabilidade de riscos é muito significativa ao ecossistema de maneira geral. As pesquisas desenvolvidas até o momento contribuem para esta preocupação, o que gera uma aproximação entre os países, com o intuito de produzir nanotecnologia preservando o meio ambiente⁶⁷.

Confirmando esta preocupação com o aspecto do risco, corrobora a pesquisa empírica apresentada na Tabela 3 e Tabela 4 (que será apresentada com maior profundidade no tópico 4.3 desta investigação e presente no apêndice da obra). Tal coleta de dados extraídas de documentos da OECD demonstra a grande atenção com as nanotecnologias e possíveis danos ao ecossistema, citando o termo risco e gerenciamento de risco por 5.793 vezes na primeira pesquisa (Tabela 3), e por 194 oportunidades na Tabela 4, originária do documento específico sobre nanowaste. Desta maneira, todo o cenário do risco onde estão inseridas as nanotecnologias e resíduos fica evidenciado tanto nas publicações teóricas e acadêmicas, quanto na pesquisa empírica realizada nesta obra, que é aprofundada no tópico 4.3, capítulo 4.

Contudo, encontram-se alguns estudos bem recentes que causam atenção na comunidade científica, de uma maneira positiva. Pode-se citar pesquisas nos EUA, que se apresenta como atual precursora nesta área. Pesquisadores da Harvard Medical School, em conjunto com outros profissionais da Universidade de Waterloo (a qual ao final assinou pela descoberta), em estudo recente (junho de 2016), intitulado *Nanotechnology and Math Deliver Two-in-one Punch for Cancer Therapy Resistance*, encontraram um novo método de encolhimento de tumores, o qual ainda impede a resistência em cânceros agressivos, ativando

⁶⁷ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina**: desafios do século XXI. Curitiba: Multideia, 2015.

duas drogas dentro da mesma célula ao mesmo tempo⁶⁸, utilizando-se de uma nanopartícula.

Outro benefício na utilização de nanotecnologia está na indústria têxtil, adotada no ambiente hospitalar, com utilização da nanopartícula de prata-nAg⁶⁹ (que possui alto efeito antibacteriano). Estudos demonstraram na avaliação do ciclo de vida que a fase de lavagem – em razão das águas residuais – teria o maior impacto ambiental durante a vida útil de uma peça de vestuário. Assim, um dos supostos benefícios de têxteis habilitados para nAg incluem lavagem menos frequente, uma vez que os efeitos antimicrobianos persistem por tempo, potencialmente resultando em uma redução no impacto ambiental geral⁷⁰.

Adiantando a importância do estudo do ciclo de vida de materiais com nanotecnologia (ponto que será aprofundado no próximo capítulo), na Figura 4 apresenta-se a fuga de nanopartículas na lavagem, um dos estágios do ciclo, e posteriormente o destino final de vestuários na área hospitalar, que acaba por ser depositado em aterros sanitários, gerando contato com o solo. Ademais, o escopo da análise do ciclo de vida no estudo de Hicks

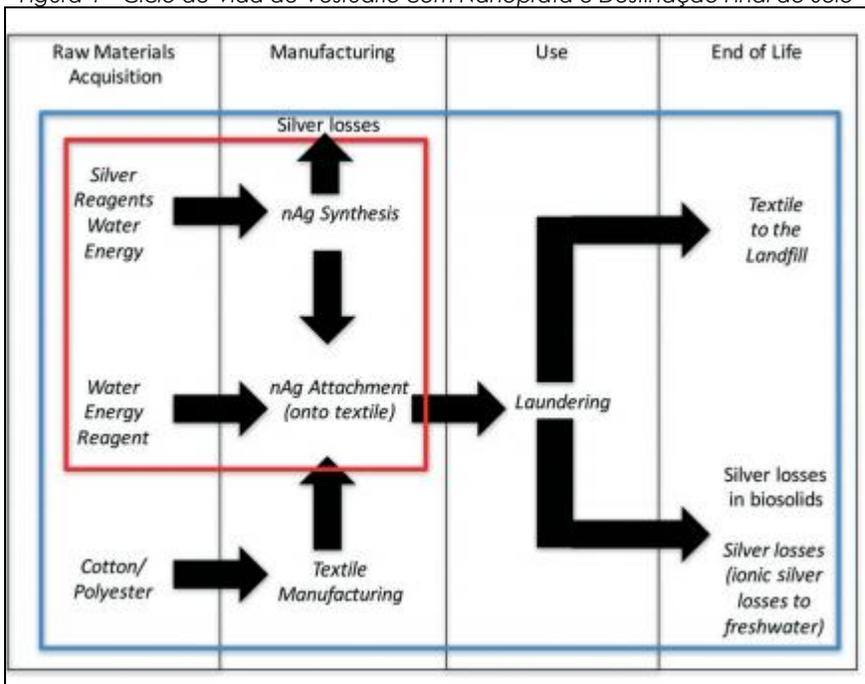
⁶⁸ UNIVERSITY OF WATERLOO. Nanotechnology and math deliver two-in-one punch for cancer therapy resistance. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 23 jun. 2016. Disponível em: <<http://www.lqes.igam.unicamp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

⁶⁹ "Impacto nano: a prata em nanoescala é o nanomaterial mais comum incorporado em produtos de consumo, devido à sua natureza antimicrobiana. Este benefício antimicrobiano relevante em relação aos têxteis em ambientes médicos, onde há um debate atual quanto ao uso de lençóis descartáveis versus reutilizáveis para prevenção na transmissão de doenças. Neste estudo, uma avaliação do ciclo de vida de um tratamento comercial de nanosilver é comparada no contexto de uma configuração hospitalar para uso em vestidos reutilizáveis em comparação com vestidos descartáveis. Este estudo é valioso no que diz respeito à compreensão das potenciais vantagens ambientais da aplicação de nanosilver em um ambiente de saúde". [tradução nossa]. HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, p. 1124, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁷⁰ HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

et al.⁷¹, no primeiro nível (que se encontra dentro da caixa vermelha) representa a síntese nAg, e o nível 2 (dentro da caixa azul) representa os impactos de grande escala da aplicação do vestido hospitalar (Figura 4):

Figura 4 – Ciclo de Vida de Vestuário com Nanoprata e Destinação Final ao Solo



Fonte: Hicks et al.⁷².

Demonstra-se assim que a nanoprata utilizada no vestuário hospitalar seria de grande auxílio, evitando maiores lavagens e poluição do meio ambiente, contudo, durante seu ciclo acabaria por perder suas nanopartículas em cada lavagem, que da mes-

⁷¹ HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁷² HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, p. 1127, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ma forma seria liberada nas águas residuais. Neste momento, há incerteza quanto o impacto no meio ambiente. Por fim, o descarte destes materiais, dar-se-ia em aterros, que novamente geraria contato com o solo⁷³.

Mais recentemente, a nanotecnologia foi utilizada para analisar através do hálito, a detecção de câncer e outras 16 doenças⁷⁴, conforme matéria do portal do Laboratório de Química do Estado Sólido (LQES):

Os pesquisadores desenvolveram um dispositivo que utiliza nanopartículas para identificar 17 diferentes doenças, incluindo o câncer de pulmão e mal de Parkinson. Para isto basta você apenas soprar dentro do aparelho que analisa o ar com uma taxa de sucesso de 86%. O dispositivo pode, assim, permitir o acompanhamento regular da população e incentivá-la a realizar outros testes em caso de detecção positiva de uma das doenças abrangidas pelo aparelho. O dispositivo é interessante, pois não só é compacto, como também, usa um método de rastreamento não-invasivo permitindo, assim, promover a prevenção. O aparelho é capaz de localizar na respiração 13 moléculas encontradas em 8 tipos de câncer, doença de Crohn, doença de Parkinson, hipertensão pulmonar e outras doenças. Cada uma destas moléculas orgânicas voláteis está presente em quantidades variáveis no ar de exaustão, criando, assim, um tipo de assinatura, um ID de doença.

No mesmo sentido, relativo à medicina e combate a doenças, verificou-se em pesquisa utilizando-se de nanopartículas, que seria viável elaborar vacinas em temperatura ambiente, de maneira mais rápida. Os mesmos testes estão sendo realizados com a

⁷³ HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁷⁴ NANOTECNOLOGIA: análise do hálito para detectar câncer e outras 16 doenças. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2017. Disponível em: <<http://www.lqes.iam.unicamp.br>>. Acesso em: 18 jul. 2017. Nota do Scientific Editor – O trabalho que deu origem a esta notícia de título: "Diagnosis and Classification of 17 Diseases from 1404 Subjects via Pattern Analysis of Exhaled Molecules", de autoria de Hossam Haick et al., foi publicado, on line, no periódico ACS Nano. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2017.

vacina para *Chikungunya*, dada a particularidade do surto atualmente presenciado⁷⁵:

Pesquisadores de nanotecnologia do Laboratório de Nanomateriais Supramoleculares e Interfaces Supramoleculares da EPFL (SUNMIL), em colaboração com cientistas de Milão, Turim, Leiden e Oregon, desenvolveram três aditivos de vacina simples e baratos para contornar esse obstáculo. Usando pequenas quantidades de nanopartículas, ou polímero aprovado pela FDA (polietilenoglicol), ou maiores quantidades de sacarose, eles foram capazes de estabilizar as vacinas à temperatura ambiente durante várias semanas ou, em alguns casos, meses (...). Usando esses resultados, os pesquisadores aplicaram seus métodos a uma vacina que está atualmente em desenvolvimento. Eles foram capazes de estabilizar uma vacina contra *Chikungunya*, um vírus tropical, durante 10 dias, e, em seguida, ratos foram inoculados com sucesso. 'O próximo passo será executar testes mais extensos sobre vacinas específicas, possivelmente combinando as três abordagens diferentes'. [tradução nossa]⁷⁶

Outro exemplo poderá ser lido no portal de notícias eletrônicas da Agência FAPESP, em matéria publicada 12 de junho de 2015, onde empresa paulista conseguiu dobrar prazo de validade de leite fresco pasteurizado. A Agrindus – empresa agropecuária, situada em São Carlos, no interior de São Paulo – conseguiu aumentar de 7 para 15 dias o prazo de validade do leite fresco pasteurizado tipo A que comercializa com a marca Letti em 45 cidades do Estado de São Paulo. A façanha foi alcançada por meio da incorporação de micropartículas à base de prata, com propriedades bactericida, antimicrobiana e autoesterilizante, no plásti-

⁷⁵ ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE. A nanotechnology method for storing vaccines at room temperature. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 30 nov. 2016. Disponível em: <<http://lqes.igq.unicamp.br>>. Acesso em: 13 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

⁷⁶ ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE. A nanotechnology method for storing vaccines at room temperature. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 30 nov. 2016. Disponível em: <<http://lqes.igq.unicamp.br>>. Acesso em: 13 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

co rígido das garrafas usadas para envasar o leite produzido pela empresa⁷⁷.

Aponta-se outro benefício encontrado nas nanotecnologias, mas aplicadas ao solo, cujo recorte se dá nesta investigação. Afirma a pesquisa de Fang et al.⁷⁸ que um novo método utilizando nanopartículas Fe_3O_4 ⁷⁹ combinadas com micróbios de solo indígenas poderiam melhorar substancialmente a eficiência de degradação do 2,4-D⁸⁰ em comparação com os tratamentos individualmente. Além disso, os dados sugerem que as nanopartículas Fe_3O_4 poderiam significativamente melhorar as populações microbianas do solo e as atividades enzimáticas resultando na melhoria da eficiência de degradação do 2,4-D.

Importante ressaltar que a promessa nanotecnológica vem interagindo com a poluição. Sendo este um dos maiores problemas da atualidade, as partículas engenheiradas em escala nano vêm dando sua contribuição para o combate da poluição ambiental, como possível descontaminante do solo, tornando o ar mais limpo e ainda purificar a água. Contudo, ao passo que se apresenta como potencial remediador ambiental, apresenta-se o alerta para a dúvida se estes mesmos materiais não poderiam estar degradando o meio ambiente, sendo devido o monitoramento⁸¹:

A poluição ambiental é um dos maiores problemas que o mundo enfrenta hoje, e está aumentando a cada ano que passa e causa danos graves e irreparáveis para a terra. Nanomateriais, por causa de seu romance físico e características químicas, têm grande promessa de combater a poluição

⁷⁷ ALISSON, Elton. Empresa paulista dobra prazo de validade de leite fresco pasteurizado. **Agência FAPESP**, São Paulo, 12 jun. 2015. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁷⁸ FANG, G. et al. Degradation of 2,4-D in soils by Fe_3O_4 nanoparticles combined with stimulating indigenous microbes. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 19, n. 3, Mar. 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

⁷⁹ Símbolo para substância de magnetita.

⁸⁰ Dichlorophenoxyacetic acid, ácido utilizado em pesticidas.

⁸¹ DAS, S.; SEN, B.; DEBNATH, N. Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 22, n. 23, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

ambiental. A nanotecnologia está sendo usada para inventar o sensor de poluição. Uma variedade de materiais na sua forma nano como ferro, dióxido de titânio, sílica, óxido de zinco, nanotubos de carbono, dendrímeros, polímeros, etc. estão sendo cada vez mais usados para tornar o ar limpo, purificar a água e descontaminar o solo. A nanotecnologia também está sendo usada para produzir energia renovável mais barata e mais eficiente. O uso da nanotecnologia em setor agrícola reduzirá o uso indiscriminado de agroquímicos e assim reduzirá a carga de poluentes químicos. Enquanto se remedia a poluição ambiental com nanomateriais, também deve ser monitorado que esses materiais não contribuam para uma maior degradação do meio ambiente. [tradução nossa]⁸²

Seguindo esta linha, com o maior desafio enfrentado sendo a poluição, desempenhando as nanos papel promissor, observa-se que no solo encontra-se maior dificuldade para remediação. Redução de resíduos no processo de fabricação, redução no uso de produtos químicos nocivos, a redução da emissão de gases de efeito estufa e o uso de plástico degradável são apenas alguns das muitas abordagens que podem ser tomadas para reduzir a poluição do ambiente, afirma Das, Sen e Debnath⁸³. Existem processos altamente eficientes, habilitados para nanotecnologia, modulares e multifuncionais para tratamento e gerenciamento de águas residuais que dependem menos de instrumentação de alto rendimento e abordagens de mão-de-obra intensiva. A parte mais desafiadora desta tecnologia é a aplicação destas nanoferramentas ao solo. Ele fornece cobertura de maior área superficial sob benefícios de reparação. Não apenas para o solo, mas esses mecanismos com nano podem ser usadas para o tratamento de sedimentos e resíduos sólidos⁸⁴. Desta maneira, esta nova tecnolo-

⁸² DAS, S.; SEN, B.; DEBNATH, N. Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 22, n. 23, p. 18333, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

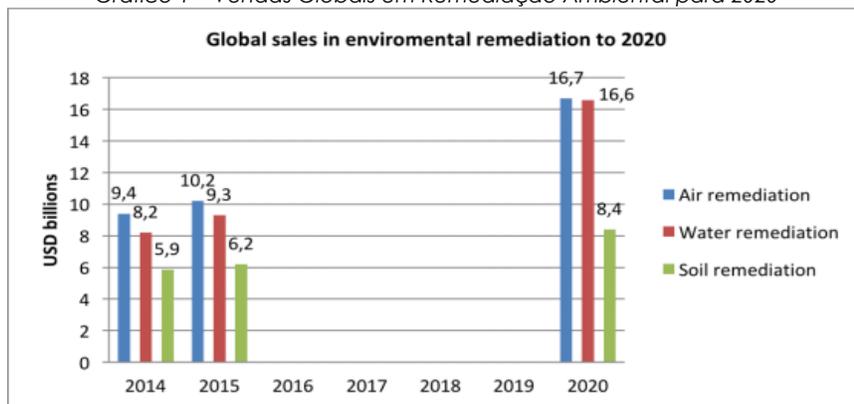
⁸³ DAS, S.; SEN, B.; DEBNATH, N. Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 22, n. 23, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁸⁴ DAS, S.; SEN, B.; DEBNATH, N. Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. **Environmental Science And Pollution Re-**

gia vem se apresentando como uma promessa benéfica para remediação ambiental, incluindo-se nos processos de gestão de resíduos e solo, o que vai ao encontro da proposta desta pesquisa, que fomenta a aplicação de protocolo para auxiliar neste monitoramento e controle ambiental.

No Gráfico 1, evidencia-se as vendas globais de produtos nanotecnológicos para aplicações de remediação ambiental. Para o ar, representaram quase USD 9,4 bilhões em 2014. Durante o período de previsão de 2015 até 2020, espera-se que o mercado cresça a uma taxa de crescimento anual composta de 10,3%, atingindo US \$ 16,7 bilhões em 2020. O mercado de nanotecnologia para aplicações de remediação de água totalizou quase US\$ 8,2 bilhões em 2014, e espera-se que cresça em 12,4% para atingir US\$ 16,6 bilhões em 2020. Na remediação do solo, as aplicações representaram quase US\$ 5,9 bilhões em 2014 com um crescimento previsto de 6,4% para atingir US\$ 8,4 bilhões em 2020⁸⁵:

Gráfico 1 – Vendas Globais em Remediação Ambiental para 2020



Fonte: Allan et al.⁸⁶.

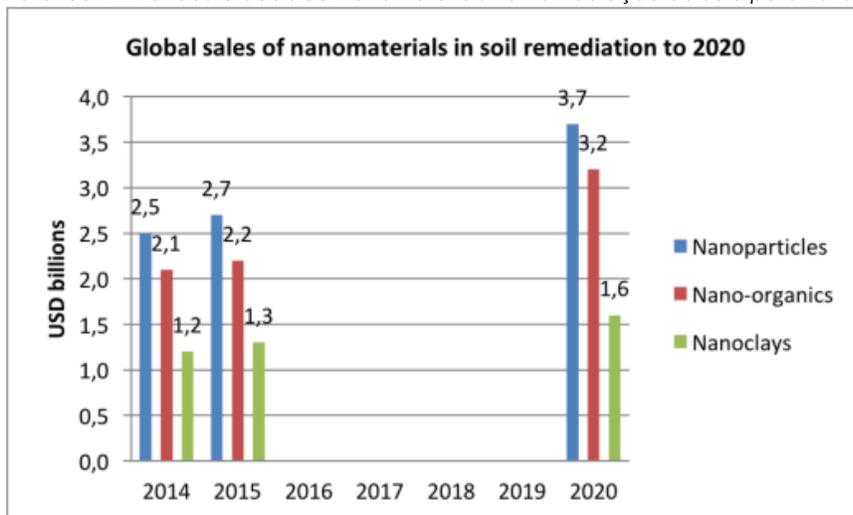
search International, Landsberg, v. 22, n. 23, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

⁸⁵ ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation: environment**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁸⁶ ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation: environment**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. p. 101. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Tendo este estudo recorte para nanotecnologias aplicadas ao solo, importante mencionar a estimativa de que o mercado para nano-orgânicos utilizados na remediação do solo aumentará 5,6% para US\$ 2,2 bilhões em 2015, de US\$ 2,1 bilhões em 2014, e ver mais crescimento em cinco anos, de 7,1%, atingindo US\$ 3,1 bilhões em 2020. A previsão para o mercado de nanotecnologia para nanominerais utilizados recuperação de solo aumentará para quase US \$ 1,3 bilhão em 2015, um aumento de 4,8% em relação a USD 1,2 bilhões em 2014. Além disso, espera-se que a categoria cresça em cinco anos, para atingir USD 1,6 bilhão em 2020 (Gráfico 2)⁸⁷:

Gráfico 2 – Vendas Globais de Nanomateriais na Remediação do Solo para 2020



Fonte: Allan et al.⁸⁸.

Os benefícios das nanotecnologias apresentam-se também na defesa do cultivo de mais alimentos usando menos energia e água, promovendo a sustentabilidade ambiental, reduzindo o

⁸⁷ ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation**: environment. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁸⁸ ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation**: environment. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. p. 104. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun 2018.

desperdício e uso de fertilizantes convencionais, por consequência, conservando as reservas minerais naturais⁸⁹.

Entretanto, conforme alertado, ao encontro das benesses vislumbra-se o lado negativo das nanos, do (possível) dano ao meio ambiente e vida humana, como por exemplo, a capacidade de acumulação no meio ambiente⁹⁰.

Ao lado das possíveis benesses da tecnologia em nanoescala encontram-se os alertas de impactos no meio ambiente e na vida humana, o que causa preocupação. Diante deste aspecto, necessário que sejam tomadas todas as medidas para que uma regulação seja efetivada, de maneira que seja apta a responder tais demandas complexas. A proteção da saúde ambiental como um todo deve permear as atitudes de todos os envolvidos no processo produtivo, tendo sempre como objetivo a prevenção de novos incidentes e a busca de uma maior qualidade de vida para todos.

Desta forma, tendo em vista a amplitude dos reflexos da revolução nanotecnológica nos mais diferentes campos da sociedade, optou-se pela abordagem específica do risco que permeia os nanomateriais em contato com o meio ambiente, após o descarte inadequado, o que demonstra a imposição de regulação.

A gestão dos resíduos nanotecnológicos vem ganhando maior destaque na literatura internacional, face o risco do *nano-waste* no meio ambiente ser maior do que de materiais em escala macro, conforme observa a OECD:

Um ponto em branco relativo no entendimento científico reside área de gerenciamento de resíduos. Os resíduos que contêm esses materiais são atualmente gerenciados juntamente com o desperdício convencional sem conhecimento

⁸⁹ RALIYA, Ramesh; BISWAS, Pratim. How nanotechnology can help us grow more food using less energy and water. **The Conversation**, Cambridge, May 25 2016. Disponível em: <<http://theconversation.com>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

⁹⁰ SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS. How nanoparticles flow through the environment. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 12 maio 2016. Disponível em: <<http://www.lqes.igq.unicamp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

suficiente dos riscos associados e Impactos no meio ambiente. [tradução nossa]⁹¹

A organização ainda esclarece que os processos atuais de gestão de resíduos e as técnicas não são geralmente apropriadas para abordar impactos potenciais de nanomateriais. Atuais instalações de tratamento de resíduos não são tipicamente projetadas para lidar com resíduos contendo nanomateriais, potencialmente levando a emissões para o meio ambiente e a exposição das pessoas a essas substâncias. Portanto, o estudo da OECD visa identificar o status do conhecimento nessa área, as falhas de conhecimento, bem como as áreas em que os trabalhos futuros devem ser conduzidos em prioridade⁹². Este protocolo será apresentado no capítulo 4, com suas especificações e conclusões, a fim de fomentar a adoção do mesmo como fruto de autorregulação.

Tal aspecto demonstra a inserção na complexa tarefa de alcançar uma alternativa de regulação, para que seja possível realizar a gestão dos riscos na destinação final do *nanowaste*, minimizando os (possíveis) danos à vida humana e meio ambiente, caso não tomadas medidas precaucionais.

Alerta a OECD sobre o *nanowaste*, no que tange à assimetria dos países, uns com maiores condições e outros ainda em desenvolvimento, sendo que

(...) os riscos potenciais que emanam dos ENM em diferentes resíduos nas instalações de tratamento são provavelmente significativamente maiores em operações sub-padrão, das quais muitos ainda estão em operação em todo o mundo e que são predominantes em partes do mundo menos desen-

⁹¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. p. 5. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁹² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

volvidas. Esta é uma área onde mais pesquisas são urgentemente necessárias. [tradução nossa]⁹³

Assim, observa-se a complexa ambivalência das interfaces nanotecnológicas, pois ao mesmo tempo que existe um benefício, pode haver um (potencial) risco. Conforme ocorre o aumento de produção e consumo de nanoproductos, por conseguinte, haverá maior descarte do nanowaste no ecossistema. Como enfrentar a lacuna existente sobre a gestão dos resíduos nanotecnológicos, uma vez que há risco – e potencialmente maior do que em materiais em escala macro – e não existe regulação específica? Uma lei estatal, fechada, estática, daria conta desta nova demanda? Portanto, no próximo capítulo analisar-se-á o ciclo de vida dos nanomateriais, importante para compreensão dos efeitos e interação nos tratamentos de resíduos e a preocupação (e desconhecimento) sobre o destino final do *nanowaste*. Mas finalizando as apresentações sobre a nova era nano, no próximo ponto será demonstrado o crescente número de produtos e patentes, a evolução das nanotecnologias, através das estatísticas mais recentes no cenário global e nacional.

1.3. A Evolução do Mundo Nanotecnológico através das Estatísticas

A era nanotecnológica é vista no cotidiano humano, de forma quase rotineira, por seus produtos e novidades. São novas promessas em cosméticos, aparelhos celulares, engenharia, construção, dentre tantas outras possibilidades.

As nanotecnologias enquadram-se no cenário de inovação, desenvolvendo industrialmente produtos em nano escala, trazendo em paralelo incertezas científicas acerca de seus efeitos na vida humana. Tal evolução também pode ser analisada sob o prisma das estatísticas nanotecnológicas.

Com tecnologia de ponta empregada em tal escala atômica, utilizando-se do que há de mais moderno (e que igualmente dispense investimentos voluptuosos), observa-se o aumento de

⁹³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. p. 22. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

produção nesta área, e tendo em vista que estes novos produtos e sistemas auferem um lucro enorme às empresas que os desenvolvem, obviamente elas procurarão a proteção das patentes para essas novidades. Portanto, viável observar o incremento nanotecnológico também através da evolução quantitativa de registros de patentes em bases de dados confiáveis, bem como da indexação de artigos científicos em nano.

Possível apontar, portanto, baseando-se no relatório recente da NPD⁹⁴, as estatísticas de patentes com nanotecnologia registrados na *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e na *European Patent Office* (EPO), com os números de patentes protegidas e o respectivo país, bem como o desenvolvimento dos artigos indexados.

No último relatório atualizado da NPD, a mais recente avaliação da quantidade de artigos publicados em nanotecnologia (publicado em junho de 2018), demonstra que a China permanece no topo, seguida dos EUA e Índia, conforme a Figura 5 do NPD⁹⁵.

Analisando as estatísticas do ano de 2016 e 2017, a China segue no topo do ranking, sendo que no ano de 2016 chegou ao total de 51.383 artigos, quase o dobro dos EUA, segundo destaque, conforme demonstra a Figura 6⁹⁶:

⁹⁴ Como já explicado no primeiro tópico deste livro, a NPD é Base de Dados de Produtos de Nanotecnologia, criada em janeiro de 2016, com a finalidade de se tornar uma fonte de informação confiável, acreditada e atualizada para a análise e caracterização de produtos nanotecnológicos (ou seja, nanoprodutos) introduzidos nos mercados globais, que cataloga e registra toda capacidade de produção de nanotecnologia desenvolvida no mundo. NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). [S.l.], 2017e. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁹⁵ ISI indexed nano-articles – 2018. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], jun. 2018a. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁹⁶ ISI indexed nano-articles (article): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Figura 5 – Artigos Indexados ISI 2018

ISI indexed nano-articles (2018)		
Last Update : June . 2018		
Rank	Country	Quantity
1	 China	27,331
2	 USA	9,875
3	 India	6,037
4	 Iran	4,265
5	 South Korea	3,922
6	 Germany	3,368
7	 Japan	3,079
8	 UK	2,201
9	 France	2,144
10	 Russia	1,985

Fonte: ISI...⁹⁷.

Figura 6 – Artigos Indexados com Nano

ISI INDEXED NANO-ARTICLES (ARTICLE)			
		2016	2017 [Mar]
1	 China	51,383	9,920
2	 USA	24,487	3,838
3	 India	12,055	2,060
4	 Iran	8,246	1,497
5	 South Korea	9,065	1,494
6	 Germany	8,679	1,382
7	 Japan	7,518	1,141
8	 France	5,796	937
9	 UK	5,499	888
10	 Spain	4,477	742

Fonte: ISI...⁹⁸.

⁹⁷ ISI indexed nano-articles – 2018. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], jun. 2018a. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁹⁸ ISI indexed nano-articles (article): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Posteriormente, tomando como fonte a USPTO⁹⁹, verificam-se os seguintes números em patentes (limitando-se aos 10 primeiros da lista)¹⁰⁰, sendo destaque os EUA, seguido da Coreia do Sul e Japão, que apresentam também desenvolvimento tecnológico, contudo, estão quase ¼ abaixo dos números americanos (Figura 7):

Figura 7 – Patentes em Nano na USPTO

NANOTECHNOLOGY PATENTS IN USPTO		
Last Update: March . 2017		
The indicator shows the number of nanotechnology granted patents in USPTO. According to ISO/TS 18110 (First Edition 2015-08-15), the definition of nanotechnology patents is "patents that include at least one claim related to nanotechnology or patents classified with an IPC classification code related to nanotechnology such as B82. Unit: –		
Source: Orbit.com		
Rank	Country	Quantity
1	 USA	1,199
2	 South Korea	259
3	 Japan	175
4	 Taiwan	137
5	 China	135
6	 Germany	98
7	 France	60
8	 Netherlands	42
9	 UK	31
10	 Canada	26

Fonte: Nanotechnology...¹⁰¹.

Na União Europeia, pelos dados da EPO¹⁰², observa-se este panorama sobre as nanotecnologias (Figura 81)¹⁰³:

⁹⁹ UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE (USPTO). Alexandria, 2017. Disponível em: <<https://www.uspto.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹⁰⁰ NANOTECHNOLOGY patents in USPTO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017d. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁰¹ NANOTECHNOLOGY patents in USPTO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017d. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Figura 8 – Patentes em Nanotecnologia na EPO

NANOTECHNOLOGY PATENTS IN EPO		
Last Update: March . 2017		
The indicator shows the number of nanotechnology granted patents in EPO. According to ISO/TS 18110 (First Edition 2015-08-15), the definition of nanotechnology patents is "patents that include at least one claim related to nanotechnology or patents classified with an IPC classification code related to nanotechnology such as B82. Unit: Patent		
Source: Orbit.com		
Rank	Country	Quantity
1	 USA	145
2	 Germany	90
3	 Japan	62
4	 France	49
5	 South Korea	36
6	 Switzerland	32
7	 China	17
8	 UK	16
9	 Netherlands	14
10	 Sweden	11

Fonte: Nanotechnology...¹⁰⁴.

Já na estatística da Figura 9, possível acompanhar a evolução dos números, a contar de 2011 até 2016, de patentes com nanotecnologias concedidas na USPTO. De acordo com a ISO/TS 18110¹⁰⁵ (primeira edição 2015), a definição de patentes de nano-

¹⁰² EUROPEAN PATENT OFFICE (EPO). Munique, 2017. Disponível em: <<https://www.epo.org>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

¹⁰³ NANOTECHNOLOGY patents in EPO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

¹⁰⁴ NANOTECHNOLOGY patents in EPO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

¹⁰⁵ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TS 18110: 2015**: nanotechnologies: vocabularies for science, technology and innovation indica-

tecnologia é “(...) patentes que incluem pelo menos uma reivindicação relacionada à nanotecnologia ou patentes classificadas com um código de classificação IPC relacionado à nanotecnologia, B82”¹⁰⁶.

Figura 9 – Patentes em Nano na USPTO

NANOTECHNOLOGY PATENTS IN USPTO (PATENT)							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	USA	2,698	3,041	3,615	4,414	4,365	4,316
2	South Korea	448	430	501	667	839	914
3	Japan	469	526	587	889	902	819
4	Taiwan	308	407	425	551	500	514
5	China	136	225	270	357	393	416
6	Germany	203	205	248	496	307	301
7	France	142	140	176	347	242	210
8	Netherlands	72	103	115	155	156	136
9	UK	49	60	87	145	109	123
10	Canada	81	82	85	127	109	106
11	Switzerland	46	48	61	126	64	79
12	Singapore	22	27	37	51	65	56
13	India	4	11	32	55	50	52

Fonte: Nanotechnology...¹⁰⁷.

Por outro lado, nos registros da EPO, observa-se a seguinte evolução no registro e concessão das patentes com nano (Figura 10)¹⁰⁸:

tors. Geneva, 2015. Disponível em: <<https://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

¹⁰⁶ NANOTECHNOLOGY patents in USPTO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017c. Disponível em: <<http://statnano.com>> Acesso em 16 abr. 2017.

¹⁰⁷ NANOTECHNOLOGY patents in USPTO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017c. Disponível em: <<http://statnano.com>> Acesso em 16 abr. 2017.

¹⁰⁸ NANOTECHNOLOGY patents in EPO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

Figura 10 – Patentes em Nano na EPO

NANOTECHNOLOGY PATENTS IN EPO (PATENT)							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	USA	271	306	350	361	421	577
2	Germany	208	208	243	206	229	289
3	France	120	128	145	140	152	208
4	Japan	97	133	134	141	131	188
5	South Korea	35	49	55	73	52	105
6	UK	30	45	38	45	45	81
7	Switzerland	33	37	47	63	48	75
8	Netherlands	38	37	45	38	43	71
9	China	9	15	16	14	28	59
10	Italy	22	43	37	29	47	49
11	Sweden	11	10	20	22	16	36
12	Spain	6	11	10	15	15	32

Fonte: Nanotechnology...¹⁰⁹.

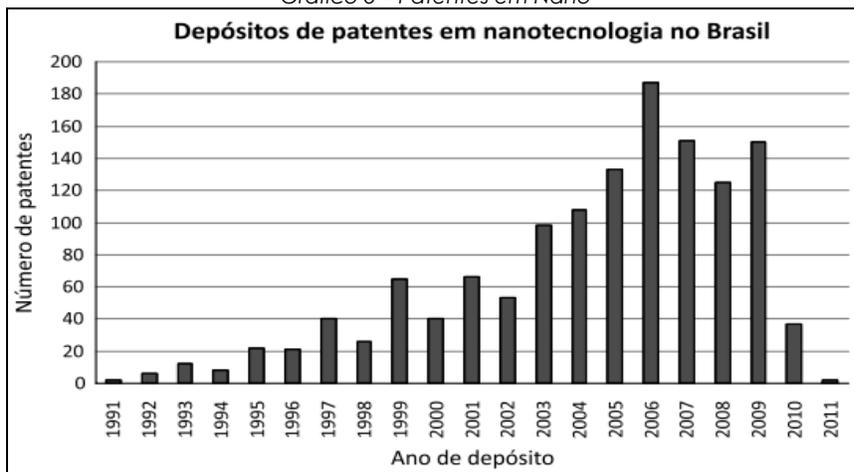
Desta maneira, fica clara a evolução das nanotecnologias, o que conseqüentemente se expressa em números estatísticos, registrados nas principais bases de dados mundiais. Até a finalização desta obra outras estatísticas específicas sobre patentes na EPO e USPTO não haviam sido lançadas na base de dados Statnano.

No Brasil, possível constatar um crescimento menos expressivo, mas com sua importância, dadas as circunstâncias diferentes de um país em desenvolvimento (ao contrário das maiores potências mundiais). Tomando por base os registros de 1991 a 2010, a situação que se apresentava era a seguinte (Gráfico 3)¹¹⁰:

¹⁰⁹ NANOTECHNOLOGY patents in EPO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

¹¹⁰ SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química**

Gráfico 3 – Patentes em Nano



Fonte: Sant'anna, Alencar e Ferreira¹¹¹.

Já pelo relatório do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)¹¹², afere-se a diversidade de produtos patenteados no Brasil, dentre nanomateriais (com diversas aplicações), medicina/biotecnologia, cosméticos, ambiente/energia, agricultura, têxtil, medição/sensores, eletrônica e pesquisas espaciais.

No que tange à tipologia dos pedidos nacionais, esta é a conjuntura (Gráfico 4)¹¹³:

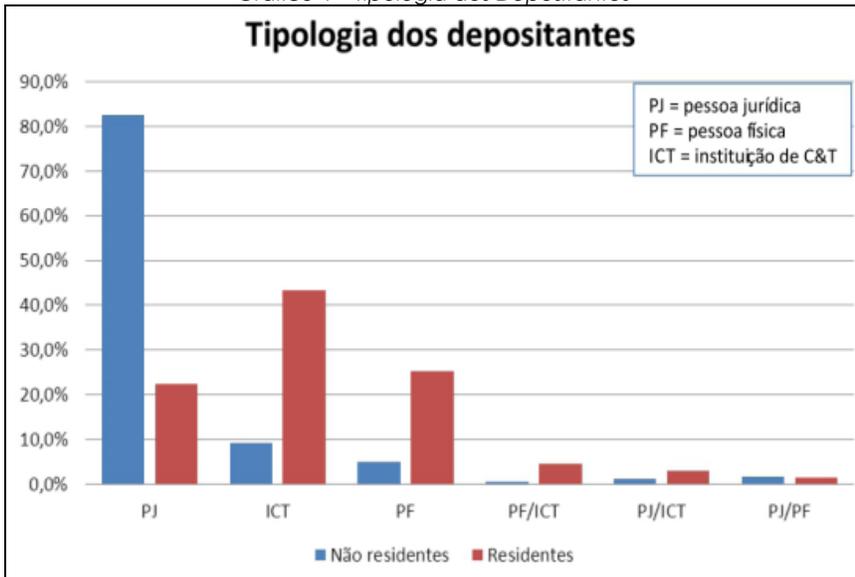
Nova, São Paulo, v. 36, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

¹¹¹ SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 350, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

¹¹² AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI); INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Panorama de patentes de nanotecnologia**. Brasília, DF: ABDI; Rio de Janeiro: INPI, 2011. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹¹³ SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

Gráfico 4 – Tipologia dos Depositantes



Fonte: Sant'anna, Alencar e Ferreira¹¹⁴.

Outro registro que pode ser acompanhado, através de estatística do INPI, na série Alerta Tecnológico nº 87 de 2013, do pesquisador Rodrigues¹¹⁵ é o número de pedidos de patentes que abordam tecnologias relacionadas à nanomateriais, selecionados no Brasil, que totalizava o número de 4527. No Gráfico 5 os números de pedidos com o respectivo país (Gráfico 5):

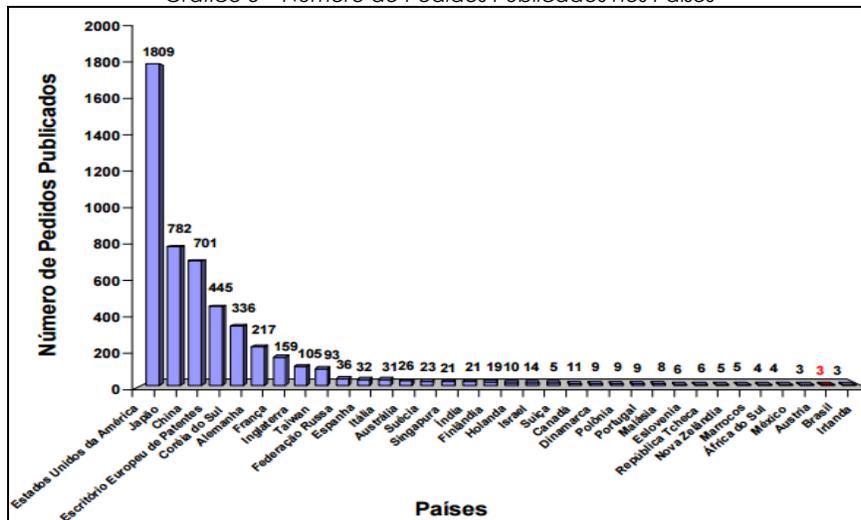
Na série Alerta Tecnológico seguinte do INPI (relacionado à nanotecnologia), de nº 91 – e último publicado – verificou-se uma

¹¹⁴ SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 351, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

¹¹⁵ RODRIGUES, Ricardo Carvalho. **Pedidos de patente sobre nanomateriais – nº 3**: pedidos publicados no 1º semestre de 2012. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), jan. 2013b. (Alerta tecnológico, n. 87). Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

pequena redução nos pedidos de patentes com nano, sendo selecionados apenas 3845¹¹⁶.

Gráfico 5 – Número de Pedidos Publicados nos Países



Fonte: Escritório Europeu de Patentes apud RODRIGUES¹¹⁷.

O impacto potencial da nanotecnologia na sociedade suscita debates sobre seus aspectos éticos, legais e sociais. Muitas das questões debatidas sobre as nanotecnologias não são novas nem exclusivas desta área de tecnologia. No entanto, ao contrário de outras tecnologias emergentes do passado, a nanotecnologia tem o potencial de mudar profundamente não só o nosso padrão de vida e economia mundial, como o conceito de humanidade¹¹⁸.

¹¹⁶ RODRIGUES, Ricardo Carvalho. **Pedidos de patente sobre nanomateriais – nº 4:** pedidos publicados no 2º semestre de 2012. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), set. 2013a. (Alerta tecnológico, n. 91). Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

¹¹⁷ Escritório Europeu de Patentes, 2013 apud RODRIGUES, Ricardo Carvalho. **Pedidos de patente sobre nanomateriais – nº 3:** pedidos publicados no 1º semestre de 2012. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), jan. 2013b. p. 9. (Alerta tecnológico, n. 87). Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

¹¹⁸ SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patentamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química**

A evolução dos produtos em nanotecnologia dá-se em nível global. O crescimento de patentes em nanotecnologias no Brasil e ao redor do mundo é outro indicador, e este tópico demonstrou que os processos nanotecnológicos emergem significativamente na maioria dos países do globo, potencializando o desenvolvimento com a consequente disponibilização de produtos gerados.

Como a era nanotecnológica apresenta-se de maneira quase impositiva, surgindo dela novas demandas e direitos, necessário que o Direito adentre esta discussão, fornecendo assim respostas adequadas a estas novas complexidades enfrentadas. As estatísticas demonstram a grande produção em escala nano. As pesquisas apresentam tanto o lado positivo da revolução nanotecnológica quanto os (potenciais) riscos, e possibilidades de danos (futuros?) às gerações presentes e futuras.

Imprescindível que a seara jurídica realize o movimento de adequação, e até mesmo flexibilização, para que sejam viabilizadas novas alternativas, como marcos (auto)regulatórios, que forneçam respostas eficazes ao enfrentamento vivenciado, de novos problemas, preocupações, riscos e direitos.

Portanto, a fim de buscar respostas adequadas nas demandas nanotecnológicas – neste livro, sobre o *nanowaste* –, necessário aprofundar o conhecimento sobre nanomateriais. Importante, primeiro, conhecer sobre o ciclo de vida dos nanomateriais, favorecer o entendimento do risco inserido no contato com o ecossistema, e ainda compreender sobre as interações nos tratamentos de resíduos e no destino final do *nanowaste*. Assim, possível estudar em conjunto o princípio ambiental da Precaução, tentando adequar os nanomateriais nas dimensões das incertezas científicas, a fim de fomentar a adoção de medidas precaucionais na exata medida que a modulação da incerteza requer. É este o objetivo do próximo capítulo, que passará a ser exposto.

Nova, São Paulo, v. 36, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

2. A PRECAUÇÃO FRENTE AO RISCO AMBIENTAL: O “MISTERIOSO” CICLO DE VIDA DOS NANOMATERIAIS E A DESTINAÇÃO FINAL DO NANOWASTE

Os efeitos das nanotecnologias, mais precisamente dos nanomateriais, na vida humana e meio ambiente ainda é uma incógnita científica. Existem pesquisas que fornecem o alerta. O possível impacto desta tecnologia vem sendo estudado com maior profundidade nos últimos anos, principalmente se levado em consideração o montante de resíduos que fatalmente vão se acumulando no ecossistema. Quanto maior a produção e consumo de nanomateriais, maior será o descarte ao final do ciclo de vida. E assim, será obtida uma grande quantidade de *nanowaste* descartado no ecossistema, sem nenhuma medida precaucional mínima, que pudesse protegê-lo, face o (potencial) dano.

Desta forma, estudos ainda incipientes, mas com grande importância, vêm demonstrando o alerta e preocupação pertinente em relação aos nanomateriais, por verificar que seu ciclo de vida é diferente dos materiais em escala macro, o que, por consequência, poderia gerar maiores danos ao meio ambiente e vida humana. Importante, portanto, aprofundar o estudo no misterioso ciclo de vida dos nanomateriais, com a finalidade de averiguar quais os (possíveis) riscos a enfrentar nessa seara, bem como viabilizar a partir deste conhecimento uma gestão adequada na destinação final do *nanowaste*.

Como se apresenta o ciclo de vida dos nanomateriais? Necessário respeitar princípios ambientais para fomentar a adoção de medidas condizentes com este cenário de risco? No que se refere às (in)certezas científicas e a modulação do risco, onde se enquadram as nanotecnologias? Como está a conjuntura brasileira e internacional neste debate? Como está o desenvolvimento das regulações no Brasil? Há diferença da discussão observada no cenário mundial?

Perante estas inquietações, apresenta-se o terceiro capítulo deste estudo, buscando dar respostas adequadas ao importante ciclo de vida dos nanomateriais, e de que maneira é importante a observância da precaução na conjuntura das nanotecnologias, fo-

mentando a adoção de medidas e autorregulações para dar conta desta nova complexidade inserida na era do risco nanotecnológico.

2.1. O Ciclo de Vida dos Nanomateriais (Destinação Final de Resíduos?) e a Preocupação com o Meio Ambiente Face os Riscos Exponenciais

O problema em relação às nanopartículas é que, em muitos casos (senão em todos), os riscos não podem ser efetivamente quantificados¹. Por outro lado, a incerteza em relação à toxicidade é voz corrente entre a comunidade de estudiosos envolvida²⁻³. Por esta razão, urge que se aprofunde os estudos no ponto do ciclo de vida dos nanomateriais, essencial para o entendimento do risco que permeia esta interação com ecossistema e descarte do *nanowaste*.

Outras preocupações também tangenciam demais lacunas de conhecimento, o que traz mais dificuldade ainda para avaliação de riscos, entre elas: a) quais os limites de exposição; b) falta de padronização de testes e metodologias de avaliação; e c) incertezas quanto às características mecânicas das nanopartículas⁴.

Assim, a nanotecnologia traz consigo inúmeros desafios, conforme já exposto no segundo capítulo. Apresenta lacunas ainda em diversos aspectos. Para alcançar a compreensão sobre a complexidade do descarte final e ciclo de vida dos nanomateriais, necessário começar pelo problema primordial, sua definição. Não há consenso sobre a definição dos nanomateriais. Ela é im-

¹ OSTIGUY, Claude et al. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management. **Report R-599**: studies and research projects. Québec, 2009. Disponível em: <<https://www.irsst.qc.ca>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

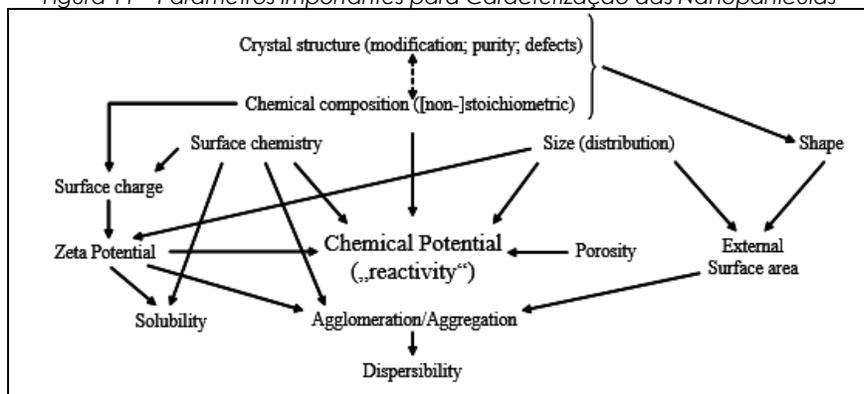
² HALLOCK, Marilyn F. et al. Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity. **Journal of Chemical Health and Safety**, Oxford, v. 16, n. 1, Jan./Feb. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

³ WARDAK, A. et al. Identification of Risks in the Life Cycle of Nanotechnology Based Products. **Journal of Industrial Ecology**, Medford, v. 12, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁴ LINKOV, Igor et al. Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision-making, and policy for nanomaterials: summary of NATO Advanced Research Workshop. **Journal of Nanoparticle Research**, London, v. 11, n. 3, Apr. 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

precisa, sendo que várias organizações internacionais vêm divergindo quanto este quesito, dada suas particularidades. Na Figura 11 apresentada, é possível observar os parâmetros importantes para caracterização das nanopartículas, a fim de obter definição⁵, e a partir disto, possível entender a dificuldade em encontrar uma caracterização única.

Figura 11 – Parâmetros Importantes para Caracterização das Nanopartículas



Fonte: Klein⁶.

Em decorrência desta dificuldade em descrever ou conceituar de maneira fechada as características das nanotecnologias, sua definição a fim de estabelecer direitos e deveres já se torna complexa, imagine-se então determinar uma gestão de resíduos nanotecnológicos. Torna-se mais uma evidência que a ausência de consenso acerca de sua definição e as características representam incerteza, insegurança e desconhecimento⁷.

⁵ KLEIN, Gerhard. **Safety-relevant properties of nanoparticles**. München: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2008?]. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁶ KLEIN, Gerhard. **Safety-relevant properties of nanoparticles**. München: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2008?]. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁷ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). **Nanocosméticos e o direito à informação**: construindo os elementos e as condições para aproximar o desenvolvimento tecnocientífico na escala nano da necessidade de informar o público consumidor. Erechim: Devian, 2015.

Como demonstração desta lacuna e problema a ser enfrentado, observa-se no Quadro 1 as diversas caracterizações adotadas por agências regulatórias internacionais⁸.

Quadro 1 – Caracterizações das Nanopartículas por Organizações Internacionais

Organization	Size range	Solubility	* Aggregates and Agglomerates	Distribution Threshold	** Intentionally manufactured/ Engineered	Novel properties
European Commission recommendation for a definition	1-100	No	Yes	50% by number	No	No
International Organization for Standardisation (ISO)	1-100	No	No	No	No	No
Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)	1-100	No	No	0.15% by number	No	No
American Chemistry Council (ACC)	1-100	Yes	Yes	10% by weight	Yes	Yes
International Cooperation on Cosmetics Regulation (ICCR)	1-100	Yes	No	No	Yes	No
International Council of Chemical Associations (ICCA)	1-100	No	Yes	10% wt or more of nano-objects or 50 wt or more of aggregates/agglomerates consisting of nano-objects	Yes	No
German Chemical Industry Association (VCI)	1-100	No	Yes	10% weight of nano-objects	Yes	No

⁸ RAUSCHER, Hubert; ROEBBEN, Gert (Ed.). **Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term “nanomaterial”**: part 1: compilation of information concerning the experience with the definition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, Mar. 2014. (JRC Scientific and Policy Report). Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

European Union Cosmetic Product Regulation (new proposed definition, 2013)	1-100	Yes	Yes	50% by number	Yes	No
Food information to Consumer Regulation (new proposed definition, 2013)	1-100	No	Yes	50% by number	yes	No
Biocides Regulation No 528/2012	1-100	No	Yes	50% by number	No	No
Medical Devices Regulation	1-100	No	Yes	50% by number	No	No
Switzerland	1-100	No	Yes	1% by number	No (but to be applied to synthetic nanomaterials)	No
France	1-100	No	Yes	50% by number	Yes	No
USA (FDA)	1-100	No	No	No	Yes	Yes
Taiwan	1-100	No	No	No	Yes	Yes
Korea	1-100	No	Yes (condensed nanoparticles)	No	No	No
China	1-100	No	No	No	No	Yes
Australia	1-100	No	Yes	10% by number	Yes	Yes
Canada	1-100	No	No	No	Yes	Yes

*'Yes' indicates agglomerates and aggregates explicitly addressed in the definition and 'no' not explicitly addressed.

**'Yes' indicates that the definition refers or applies to intentionally manufactured/engineered nanomaterials only, 'No' indicates that the definition does not specifically refers to manufactured/engineered nanomaterials.

Fonte: Rauscher e Roebben⁹.

⁹ RAUSCHER, Hubert; ROEBBEN, Gert (Ed.). **Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term “nanomaterial”**: part 1: compilation of information concerning the experience with the definition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, Mar. 2014. p. 171-172. (JRC Scientific and Policy Report). Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

Tendo em vista que a dificuldade se inicia desde a caracterização, mais complexo ainda se torna a definição ou compreensão científica do ciclo de vida dos nanomateriais. Diversas incertezas pairam na medida de profundidade que o estudo demanda para alcançar a gestão de risco adequada, como no caso do ciclo de vida e da destinação final dos nanomateriais.

Tal ausência de consenso no momento de definição dos nanomateriais e falta de alinhamento na metodologia empregada, gerando inconsistências nos resultados, podem causar uma avaliação de risco e compreensão do mesmo equivocados, conforme afirmado no estudo *Avaliação Comparativa de Definições de Nanomateriais e Considerações sobre Avaliação de Segurança* [tradução nossa]:

Nanomateriais continuam a trazer avanços promissores para a ciência e tecnologia. Este debate vem solicitando uma maior supervisão para regulação a fim de assegurar a sua identificação e avaliação adequadas, o que levou a extensas discussões sobre as definições dos nanomateriais. Numerosas definições de nanomateriais foram propostas pelo governo, indústria e organizações de padrões. Realizamos uma análise avaliação comparativa das definições de nanomateriais existentes apresentadas pelos governos por suas similaridades e diferenças. Verificou-se que os limites de tamanho diferentes utilizados geraram inconsistências, assim como considerações de outros elementos, incluindo aglomerados e agregados, limiares, novas propriedades e solubilidade. Outras diferenças importantes incluíram a consideração das distribuições de tamanho de número versus distribuição de peso e de distribuição natural versus intencionalmente Materiais. No geral, as definições que comparamos não estavam em alinhamento, o que pode levar a identificação e avaliação de nanomateriais inconsistentes, e ainda poderia ter impactos adversos (equivocados) no comércio e nas percepções da nanotecnologia. Recomendamos um conjunto de considerações para as discussões futuras sobre definições de nanomateriais que devem ser consideradas para descrever materiais e avaliar seu potencial e impactos ambientais, usando abordagens baseadas em risco dentro dos quadros de avaliação existentes. Nossa intenção é iniciar um diálogo

com o objetivo de obter maior clareza na identificação dos nanomateriais, que pode exigir uma avaliação adicional, não para propor uma definição formal. [tradução nossa]¹⁰

Esse tema deverá ingressar na seara jurídica, buscando-se a aprendizagem já gerada na área da administração, devendo iniciar no laboratório, onde as pesquisas são especificadas, passar pelo setor industrial, e, finalmente, chegar ao mercado consumidor, ao uso e descarte, ou seja, atingindo a integralidade do ciclo de vida de um nano material. nesse sentido, adequada a posição de Embid Tello¹¹:

Una correcta gestión de riesgos inciertos exige no solo prevenir la arbitrariedad del operador público, sino, sobre todo, ser efectiva. La arbitrariedad puede ser un grave problema para el correcto funcionamiento de un Estado de Derecho, pero la muerte masiva de personas o la completa destrucción de ecosistemas es un problema sistemicamente más grave.

A fim de compreender o alerta que os riscos das nanotecnologias promovem, mais precisamente sobre os resíduos nanotecnológicos, urge que se estude então o misterioso ciclo de vida. Observa-se primeiro, de modo geral, os principais desafios enfrentados para promover a segurança dos nanomateriais e das nanotecnologias, para que seja viável promover a nanosegurança para inovação e sustentabilidade. Destaca-se através da Figura 12.

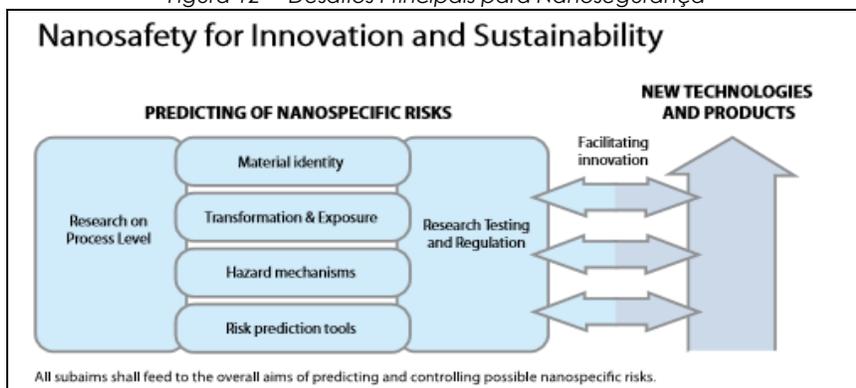
Portanto, basicamente a busca pela sustentabilidade e segurança das nanos, partem das pesquisas na identificação dos riscos *nanoespecíficos*, que envolvem ferramentas de previsão de

¹⁰ BOVERHOF, Darrell R. et al. Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Duluth, v. 73, n. 1, p. 137, Oct. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

¹¹ EMBID TELLO, Antonio Eduardo. Retos de la relación ciencia-derecho: la procedimentalización de la evaluación de riesgos en la Unión Europea. In: DARNACULLETA GARDELLA, M. Mercè; ESTEVE PARDO, José; DÖHMANN, Indra Spiecker (Ed.). **Estrategias del derecho ante la incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 95.

riscos, mecanismos de combate ao *perigo*, aliados aos testes e regulações específicas¹².

Figura 12 – Desafios Principais para Nanosegurança



Fonte: Savolainen¹³.

Atentos ao risco e estas características únicas das nanos, um ciclo adequado de avaliação dos nanomateriais – LCA – deve ser definido e conduzido muito antes de sua comercialização, para que seja considerado seguro. Adicionalmente, recursos apropriados devem ser destinados para pesquisar os processos, produtos e uso de materiais que impliquem em menor risco, uma vez que ocorrendo o descarte inadequado do *nanowaste*, enfrenta o ecossistema riscos sem precedentes e impactos ainda não vistos¹⁴:

¹² SAVOLAINEN, Kai (Coord.). **Nanosafety in Europe 2015-2025: towards safe and sustainable nanomaterials and nanotechnology innovations.** Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 2013. p. 54. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹³ SAVOLAINEN, Kai (Coord.). **Nanosafety in Europe 2015-2025: towards safe and sustainable nanomaterials and nanotechnology innovations.** Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 2013. p. 54. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹⁴ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

Para a avaliação do ciclo de um nanomaterial – incluindo fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e eliminação dos resíduos – é necessário entender quando se aplicam os estatutos do sistema e onde existem lacunas regulatórias. Os efeitos do ciclo completo sobre o meio ambiente, a saúde e a segurança devem ser avaliados antes da comercialização. Uma vez dissolvidos na natureza, os produtos fabricados com nanomateriais representam uma classe sem precedentes de contaminantes fabricados. Novos impactos e danos ambientais podem ser esperados a partir da natureza inovadora dos produtos fabricados com nanomateriais, incluindo a mobilidade e a persistência no solo, água e ar, bioacumulação e interações antecipadas com materiais químicos e biológicos. O número limitado de estudos existentes tem levantado algumas luzes vermelhas, como a alta exposição de alumínio a nível de nanoescala aderidos ao crescimento de cinco tipos de grãos, por produtos associados com a fabricação de ligas simples de nanotubos de carbono, causando um aumento na mortalidade e no desenvolvimento tardio de *estuarine crustacean* de pequeno porte, e danos aos microorganismos benéficos por parte das nanopartículas de prata. [grifo do autor]¹⁵

Nesta senda o conhecimento acerca do ciclo de vida dos nanomateriais é fundamental, pois a partir disto, viável promover a gestão adequada do risco na destinação final do *nanowaste*.

Como se verifica o crescimento dos produtos em nanoescala, conseqüentemente, um lixo (resíduo) nanotecnológico avançará no mesmo sentido, sendo dispersado sem qualquer medida precaucional, desconsiderando os riscos já apresentados em momento anterior. Todavia, esses nanomateriais podem ter efeitos nocivos quando liberados no meio ambiente¹⁶.

¹⁵ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. p. 7. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹⁶ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

Pati, McGinnis e Vikesland¹⁷ explicam sobre o necessário aprofundamento na análise do ciclo de vida dos nanomateriais, em virtude dos possíveis impactos:

Esses impactos ocultos e a sustentabilidade geral de um produto ou um processo pode ser identificado e analisado usando avaliação do ciclo de vida (LCA), que é um quadro quantitativo utilizado para avaliar os impactos ambientais cumulativos associado a todas as etapas de um material – a partir da extração de matérias-primas ('berço') até o fim da vida ('túmulo'). Novos métodos para a reciclagem de nanowaste podem envolver custos ambientais que só podem ser identificados através do desenvolvimento de LCA's abrangentes. Por exemplo, um LCA da síntese de nanopartículas de ouro mostrou que o uso de reagentes benignos durante a síntese nanomaterial, enquanto intuitivamente 'Verde', pode ter impactos significativos do ciclo de vida. Em outro estudo, um novo método para recuperação de ouro a partir de lodo de esgoto recentemente afirmou que o método 'elimina a necessidade de água' durante a recuperação de metais. [tradução nossa]

A avaliação do ciclo de vida está diretamente vinculada, e vice-versa, com a avaliação do risco das nanopartículas. A presença de nanomateriais em forma seca ou em pó e na compostagem do lodo de águas residuais que é muitas vezes disseminada em terras agrícolas como fertilizante, representa uma preocupação particular. Na França, a metade nacional do lodo de águas residuais é utilizada para a fertilização agrícola. A transformação potencial de nanomateriais artificiais no solo, suas interações com plantas e bactérias e sua transferência para as águas superficiais nunca foi estudada em profundidade¹⁸.

Há uma necessidade de um conhecimento coletado e melhor dos impactos ambientais dos nanoprodutos. O acesso a in-

¹⁷ PATI, Paramjeet; MCGINNIS, Sean; VIKESLAND, Peter J. Waste not want not: life cycle implications of gold recovery and recycling from nanowaste. **Environmental Science**: nano, London, v. 3, n. 5, p. 1134, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹⁸ NANO BODIES. **OECD Observer**, Paris, n. 306, q. 2, p. 9-10, Apr. 2016. Disponível em: <<https://issuu.com>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

formações confiáveis sobre ciclo de vida é uma questão fundamental para que se possa decidir como os produtos devem ser concebidos, utilizados e manipulados quando se tornarem lixo. As informações relevantes também são importantes para os profissionais que lidam com estes materiais e os consumidores, bem como para aqueles que lidam com os resíduos. De igual forma, uma avaliação dos resíduos gerados pelos processos de produção de nanotecnologia é necessária e deve incluir a atenção aos resíduos provenientes de instalações de produção de nanomateriais que podem impor novas pressões sobre os sistemas ambientais¹⁹.

Outro aspecto que tem gerado preocupação é o destino final destes materiais com nanotecnologia quando do fim de seu ciclo. Estes materiais podem não ser biodegradáveis e assim, permaneceriam no ambiente, interagindo com outros materiais. Este risco em potencial já está causando preocupação dos países em desenvolvimento para onde os resíduos contendo nanomateriais podem ser exportados²⁰.

A Figura 13 demonstra as principais rotas de exposição ao longo do ciclo de vida dos nanomateriais.

Todo *nanowaste* (resíduo) poderá ser fonte de contaminação ao meio ambiente, e retornando ao ser humano. Observa-se ainda que a contaminação pode ocorrer por várias vias, como nas águas residuais (oriunda de roupa com nanotecnologia que é lavada), no solo, quando descartado o *nanowaste* em aterro, ou no ar, quando incinerado.

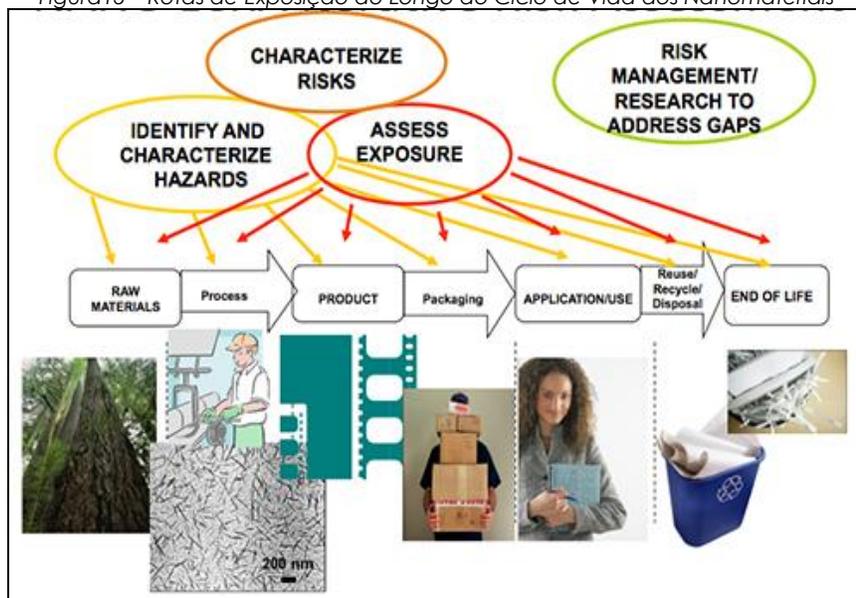
Genericamente, o conceito de *nanowaste* pode ser entendido como aqueles materiais gerados a partir de um processo produtivo cuja ordem é do tamanho de nanômetros. Ou, ainda, os resíduos dos nanoprodutos, cuja vida útil tenha chegado ao

¹⁹ NEL, André et al. Nanotechnology environmental, health, and safety issues. In: ROCO, Mihail C.; MIRKIN, Chad A.; HERSAM, Mark C. **Nanotechnology research directions for societal needs in 2020: retrospective and outlook**. New York: Springer, 2011.

²⁰ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Agenda of the meeting**: Joint FAO/WHO Seminar Nanotechnologies in Food and Agriculture FAO. Rome, Mar. 27 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

seu fim e foram descartados. Dessa forma, a geração de *nanowastes* abrange duas cadeias: a) as indústrias na manipulação de nanomateriais e nanoprodutos decorrentes de seu sistema produtivo; e b) e os consumidores que também são responsáveis pela geração de *nanowastes* ao consumirem os nanoprodutos²¹.

Figura13 – Rotas de Exposição ao Longo do Ciclo de Vida dos Nanomateriais



Fonte: Adaptado de Shatkin e Kim²².

Nos últimos anos, apesar de numerosas publicações e artigos sobre o crescimento exponencial da nanotecnologia global e suas particularidades, essas publicações contêm poucos dados científicos e abordagens viáveis de lidar com fluxos de *nanowaste* gerados em várias fases do ciclo de vida dos materiais. A falta de publicações científicas para gestão de fluxos de *nanowaste* é e-

²¹ MENDOZA, Carlos Felipe; CABRERA, Laura Meraz. Hacia la nanociencia verde nanomateriales, nanoproducos y nanorresiduos. **Materiales Avanzados**, México, año 10, n. 19, agosto 2012. Disponível em: <<http://www.iim.unam.mx>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²² SHATKIN, Jo Anne; KIM, Baram. Cellulose nanomaterials: life cycle risk assessment, and environmental health and safety roadmap. **Environmental Science: nano**, London, n. 2, July 2015. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

vidência de limitação ou um esforço limitado e concentrado dos investigadores neste domínio²³.

Uma avaliação dos resíduos gerados pelos processos de produção de nanotecnologia é necessária e deve incluir a atenção aos resíduos provenientes de instalações de produção de nanomateriais que podem impor novas pressões sobre os sistemas ambientais²⁴.

Uma análise de risco ao *nanowaste* é imprescindível, principalmente considerando-se a postulação por regulação específica para a destinação final, o que se demonstrará ao final, quando apresentado o protocolo e estudo específico da OECD, onde exposto os efeitos dos quatro tipos de tratamento de resíduos com nanotecnologia²⁵.

Portanto, o *nanowaste* demanda maior cuidado dadas suas particularidades. As ligações complexas destes parâmetros são suscetíveis de desencadear quantidades crescentes de liberações do *nanowaste* para o ambiente, com diversas vias de exposição, como ilustrado na Figura 14.

Já a próxima Figura 15 apresenta um sumário das relações entre as propriedades intrínsecas dos nanomateriais, fatores extrínsecos e manifestações comportamentais, e trata-se de uma compilação apresentada por Gavankar, Suh e Keller²⁶, a partir da análise de vários artigos sobre o tema do ciclo de vida dos nanomateriais.

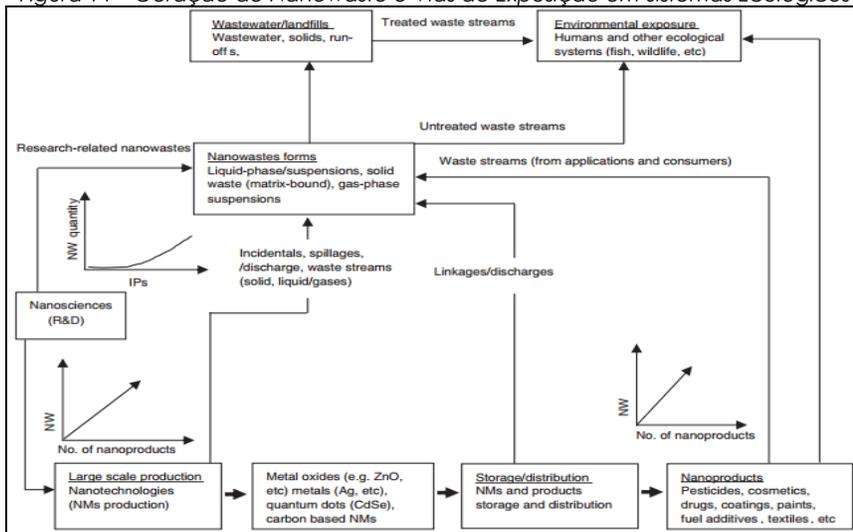
²³ MUSEE, N. Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm. **Environment International**, v. 37, n. 1, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²⁴ NEL, André et al. Nanotechnology environmental, health, and safety issues. In: ROCO, Mihail C.; MIRKIN, Chad A.; HERSAM, Mark C. **Nanotechnology research directions for societal needs in 2020: retrospective and outlook**. New York: Springer, 2011.

²⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

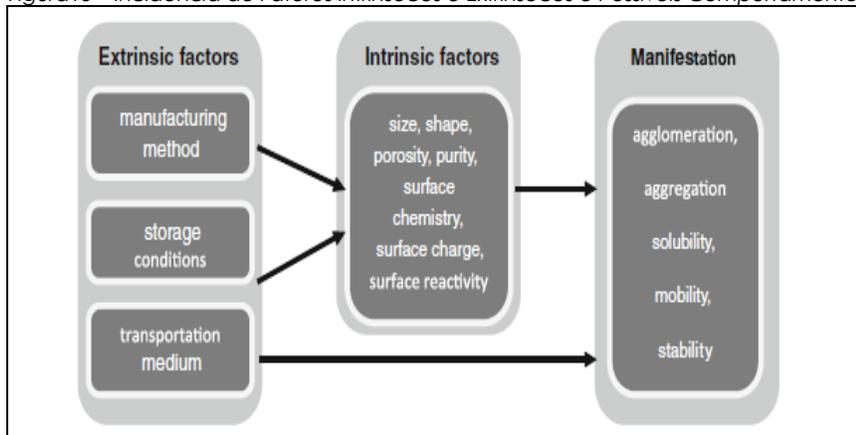
²⁶ GAVANKAR, Sheetal; SUH, Sangwon; KELLER, Arturo F. Life cycle assessment at nanoscale: review and recommendations. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 17, n. 3, Mar. 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Figura 14 – Geração de Nanowaste e Vias de Exposição em Sistemas Ecológicos



Fonte: Musee²⁷.

Figura 15 – Incidência de Fatores Intrínsecos e Extrínsecos e Possíveis Comportamentos



Fonte: Gavankar, Suh e Keller²⁸.

²⁷ MUSEE, N. Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 115, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²⁸ GAVANKAR, Sheetal; SUH, Sangwon; KELLER, Arturo F. Life cycle assessment at nanoscale: review and recommendations. **The International Journal of Life Cycle As-**

Ante a ausência de estudos específicos e regulação sobre os resíduos nanotecnológicos, sua dispersão no meio ambiente torna-se cada mais inseguro e potencializa o risco, pois são diversos os canais de introdução do *nanowaste* no ecossistema:

Nanowastes são potencialmente a via mais particular e única de introdução de NMs nos sistemas ambientais. A falta de resposta a estas preocupações continua a descontrolar a liberação de NMs no ambiente (por exemplo, água, ar e solo) – que pode causar contaminação dos solos, bem como da superfície e do subsolo recursos hídricos. A longo prazo, isso não só ameaça a segurança dos recursos hídricos, mas pode ser impossível remediar devido ao: o tamanho de cisalhamento dos problemas devidos à dispersão dos NMs no ambiente, altos custos de limpeza, falta de tecnologias adequadas para remediação e ausência de ferramentas de monitoramento para identificar as áreas contaminadas. Por exemplo, há uma demanda global crescente em aditivos para combustíveis, lubrificantes e catalisadores, devido ao desempenho através da infusão de partículas em nanoescala de óxido de cério. Geralmente, estes combustíveis aditivos, lubrificantes e catalisadores nanotecnológicos são suscetíveis de emissão através de vários resíduos, fluídos para o ar, para a água ou para o solo. Em última análise, eles terão seu fim em ambientes aquático e terrestre através de escoamento superficial, derramamentos durante o uso e vazamentos de veículos, ou através de da drenagem do esgoto. Isto levanta sérias preocupações de lidar com *Nanowastes*, de fontes pontuais e não pontuais. Ademais, importante ressaltar que a nanotecnologia e seus produtos estão presentes em diversas áreas da indústria. Por isto, existem estudos relacionados a este tema, o que nos traz notícias relevantes mais frequentemente. [tradução nossa, grifo nosso]²⁹

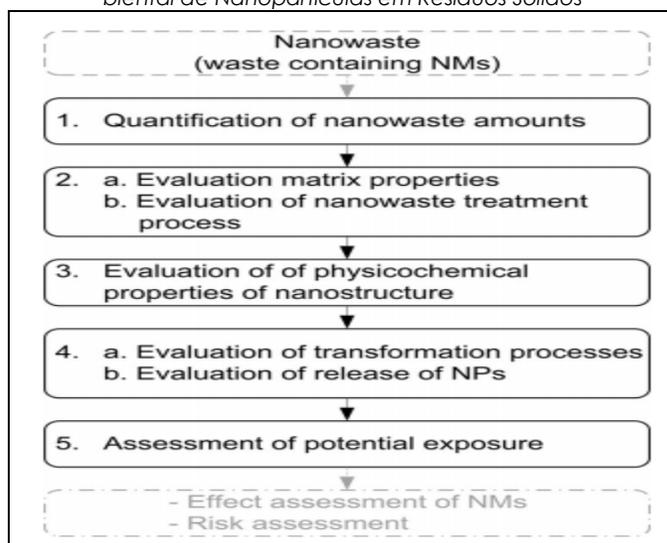
Importante ainda que o foco seja dirigido para avaliar a exposição ambiental relacionada à gestão de *nanowaste*, que requer conhecimento sobre manuseamento, bem como processa-

essment, Landsberg, v. 17, n. 3, Mar. 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

²⁹ MUSEE, N. Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 113, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

mento e eliminação de *nanowaste*, não esquecendo das emissões ambientais relacionadas. Em relação à gestão de resíduos, aspectos específicos podem influenciar a emissão de *nanowaste* para o ambiente, por exemplo, as propriedades físico-químicas dos resíduos, bem como qualquer processo de transformação que o *nanowaste* sofre durante o manuseamento/tratamento/eliminação no sistema de gestão de resíduos. É o esquema apresentado na ilustração, como um passo-a-passo para análise, proposto para uma exposição ambiental e avaliação de nanopartículas em resíduos sólidos. A Figura 16 inclui os passos 1-5. Quando combinado com resultados de uma avaliação de efeito, os resultados da avaliação da exposição podem ser um contributo para a avaliação dos riscos ambientais e emissões de nanopartículas de resíduos³⁰.

Figura 16 – Quadro Proposto para Avaliação de Exposição Ambiental de Nanopartículas em Resíduos Sólidos



Fonte: Boldrin et al.³¹.

³⁰ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

³¹ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, p. 5, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

De maneira sucinta, as questões importantes que surgem para análise de *nanowaste* podem ser assim resumidas:

- a) Existe alguma informação detalhada sobre o analito³² alvo ou *engineering nanomaterials* (ENMs)³³ disponíveis no ponto de fabricação (impressões digitais)?;
- b) Existe alguma informação disponível sobre como os ENMs podem transformar-se durante processos de tratamento de resíduos? Os ENMs são coloidalmente estáveis ou não, caso seu ambiente seja alterado (por exemplo, em relação ao pH, força iônica e teor de matéria orgânica)? Caso negativo, são agentes estabilizantes ou surfactantes adicionais são necessários durante a análise de *nanowaste*?;
- c) Como as ENMs podem ser distinguidas ou fracionadas dos que não são? Que técnicas de preparação e análise de amostras são aplicáveis, reproduzíveis e confiáveis?³⁴.

Ou seja, a gestão do risco para os nanomateriais, mais precisamente para a sua correta destinação final, é extremamente complexa, e apresenta uma série de particularidades desafiadoras que demandam maior profundidade para alcançar a gestão.

De maneira ilustrativa, através da Figura 17 é possível visualizar as diferentes dispersões do *nanowaste* no meio ambiente.

A importância então no entendimento do ciclo de vida dos nanomateriais da-se pelo desconhecimento dos impactos das nanopartículas no meio ambiente e vida humana, que ao final de sua vida (*end-of-life*) são descartados. Sua interação nos proces-

³² Significado: “[Química] Componente de uma amostra que é alvo de análise ou tem interesse para uma análise (ex.: determinou a concentração do analito na amostra)”. ANALITO. In: DICIONÁRIO Priberam da Língua Portuguesa (DPLP). [S.l.], 2013. Disponível em: <<https://www.priberam.pt>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

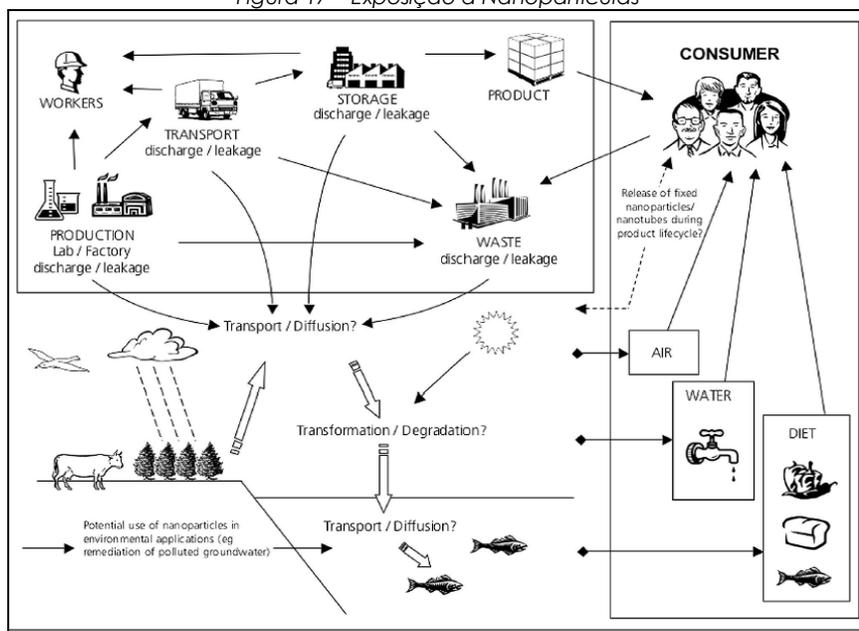
³³ Nanomateriais engenheirados [tradução nossa].

³⁴ PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

tos de tratamento de resíduos também pode causar outras alterações, afetando outros materiais, consoante Part et al.³⁵ alertam:

Atualmente, sabe-se muito pouco sobre possíveis alterações ou degradação de revestimentos orgânicos de superfície ENM por meio de produtos químicos, físicos ou processos biológicos durante os processos de tratamento de resíduos. Também foi observado que possíveis processos de transformação e alteração podem também afetar ENMs nus (não revestidas). [tradução nossa]

Figura 17 – Exposição à Nanopartículas



Fonte: Royal Society e Royal Academy of Engineering³⁶.

³⁵ PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, p. 408, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

³⁶ ROYAL SOCIETY; ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanosciences and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. Plymouth: Latimer Trend, July 2004. p. 37. Disponível em: <<https://royalsociety.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

O comportamento dos nanomateriais e acompanhamento do destino final é fundamental para o desenvolvimento mais sustentável das nanos. A gestão do risco nos resíduos se verifica desde as alterações das substâncias nos processos de tratamento³⁷:

Em relação à aplicação de nanotecnologia sustentável e avaliação de risco dos ENMs, é crucial examinar o destino final e comportamento das ENM no meio ambiente e nos processos de gerenciamento de resíduos. A este respeito, o tamanho de partícula, distribuição de tamanho e a forma das partículas, bem como a composição elementar, parecem ser os principais parâmetros do material. Além disso, é importante considerar possíveis processos de transformação e alteração de nanowaste que podem ocorrer durante as diversas opções de tratamento de resíduos. Embora este tenha surgido como um problema principal, apenas informações escassas estão disponíveis na literatura publicada sobre como as ENMs irão alterar ou como se transformam durante os processos de tratamento de resíduos. Além do que, além disso, revestimentos de partículas persistentes e sua potencial transformação em fluxos de resíduos são de grande relevância, porque as propriedades da superfície de ENMs predominantemente influenciam seu destino e comportamento em matrizes de resíduos. [tradução nossa]³⁸

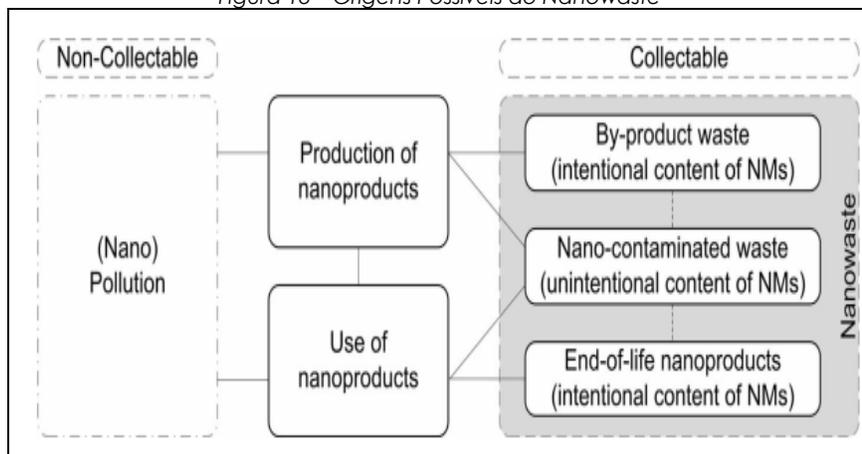
Através da Figura 18 é possível acompanhar a geração de *nanowaste*, e a distinção entre nanopoluinte e nanolixo em si, ao longo do ciclo de vida dos nanoproductos, tanto onde é possível coletar, e onde gera poluição (não-coletável). Os nanomateriais entram no ambiente a partir de fontes difusas, que podem ser consideradas como pontenciais *nanopoluentes*. Já o *nanowaste* é primeiramente aplicável quando nanomateriais entram em contato com o resíduo sólido e podem ser recolhidos separadamente. O *Nanowaste* é sombreado em cinza, os resíduos nanocontaminados podem se originar tanto da produção como das

³⁷ PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

³⁸ PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, p. 417, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

fases de utilização de nanoproductos e ocasionalmente em tratamento de resíduos³⁹.

Figura 18 – Origens Possíveis do Nanowaste



Fonte: Boldrin et al.⁴⁰.

Atualmente, há suposições que as tecnologias de gestão de resíduos existentes teriam a capacidade de remover *nano-materials* (NMs)⁴¹ de resíduos sólidos e líquidos de forma eficaz. No entanto, não existem dados disponíveis para validar tal suposição como esta permanece então desconhecida – com ramificações potencialmente de grande alcance para a promoção de boas práticas de gestão de resíduos. Contudo, estudos sobre as águas residuais demonstram a ineficiência no tratamento deste *nanowaste*, o que em consequência, acaba por devolver a água com nanoresíduos ao meio ambiente, demonstrando ainda a dificuldade nas instalações de água, para as gerações futuras. Observa-se ainda mesmo empregando tecnologia para tratar e separar água potável de nanoresíduos, uma fração signi-

³⁹ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

⁴⁰ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, p. 4, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

⁴¹ Nanomateriais [tradução nossa].

ficativa dos NMs escapou ao sistema de compensação da planta de tratamento de águas residuais⁴². Ou seja, mesmo com o tratamento adequado deste tipo de *nanowaste* (na água), ele não é totalmente eficaz.

Portanto, o rápido desenvolvimento da nanotecnologia desafia as práticas e tecnologias de gestão de resíduos estabelecidas no tratamento dos *nanowastes* potenciais, especificamente com respeito à adequação das legislações em vigor. Isso ocorre por causa de duas razões. Em primeiro lugar, isto é atribuível a lacunas de dados e conhecimentos na avaliação dos riscos dos NM em diferentes domínios ambientais. Isso torna difícil o desenvolvimento de quadros legislativos e de políticas que possam prover novas formas de fluxos de resíduos, ou encontrar as melhores formas de lidar com eles (...). Por outro lado, o debate do *nanowaste* nunca foi antecipados pelo regime regulamentar existente, e levanta questões sobre a adequação dos atuais quadros legislativos que regem o paradigma da gestão de resíduos convencionais. O núcleo de debate centra-se na questão de saber se, ou não, a atual forma de as leis que regem a gestão de resíduos podem fornecer diretrizes significativas em termos de tratamento, tratamento e eliminação de *nanowastes*. [tradução nossa]⁴³

Voltada à nanosegurança ocupacional, a NIOSH publicou as propostas de futuras direções e consternações sobre o ciclo de vida dos nanomateriais. No ponto específico sobre a destinação final, *disposal*, atenta para a possibilidade de degradação, afetando o meio ambiente, Figura 19.

Os impactos que estas novas tecnologias podem provocar são avaliados durante todo o ciclo de vida dos produtos. De outra forma, representado na Figura 20.

⁴² MUSEE, N. *Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm*. **Environment International**, v. 37, n. 1, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

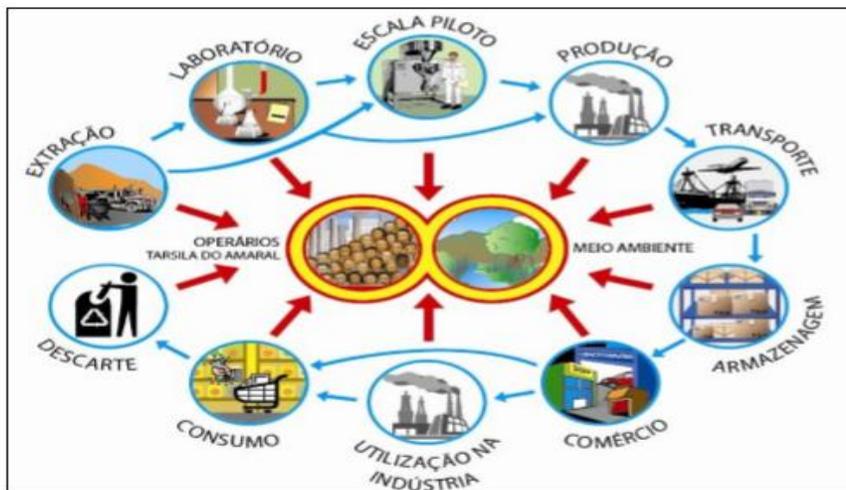
⁴³ MUSEE, N. *Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm*. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 114, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

Figura 19 – Ciclo de Vida de Material Ocupacional



Fonte: Roberts⁴⁴.

Figura 20 – Influência do Ciclo de Vida dos Nanoprodutos ao Meio Ambiente e Vida Humana

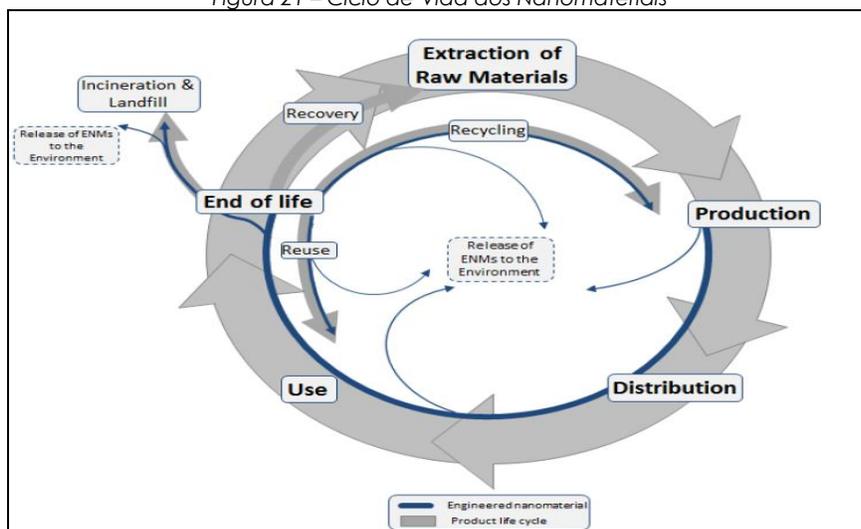


Fonte: Arcuri⁴⁵.

⁴⁴ ROBERTS, Jenny R. **Nanotoxicology program**. NTRC Toxicology and Internal Dose Critical Area Coordinator Morgantown: Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2017. p. 17. Documento em PDF.

Ganha destaque os fluxos e potenciais lançamentos de nanopartículas como resultado da sua incorporação em ciclos de vida dos produtos, consoante a Figura 21 a seguir apresentada. A linha azul representa as nanopartículas no ciclo de vida do produto e as potenciais emissões de nanopartículas durante o ciclo de vida do produto e a principal preocupação volta-se não só aos descartes no meio ambiente sem tratamento, mas também nos processos de tratamento de resíduos, sem medidas específicas para contenção destas nanopartículas⁴⁶:

Figura 21 – Ciclo de Vida dos Nanomateriais



Fonte: Lazarevic e Finnveden⁴⁷.

⁴⁵ ARCURI, Arline Sydneia Abel. A governança dos riscos laborais da nanotecnologia e o marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, TEIXEIRA, Marcelo Markus (Org.). **A governança dos riscos socioambientais da nanotecnologia e o marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil**. São Leopoldo: Karywa, 2017. p. 37. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

⁴⁶ LAZAREVIC, David; FINNVEDEN, Göran. **Life cycle aspects of nanomaterials**. Stockholm: KTH – Royal Institute of Technology, 2013. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

⁴⁷ LAZAREVIC, David; FINNVEDEN, Göran. **Life cycle aspects of nanomaterials**. Stockholm: KTH – Royal Institute of Technology, 2013. p. ix. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

Especificamente, a implementação de práticas responsáveis de gestão de risco pelos reguladores, organizações não-governamentais, cientistas, seguradoras e talvez o mais importante de tudo, as empresas em todas as fases do ciclo de vida das nanotecnologias, é fundamental para preencher a lacuna de governança e garantir a segurança da pesquisa, desenvolvimento, fabricação, distribuição, utilização e eliminação dos produtos da nanotecnologia⁴⁸.

Por outro lado, uma vez que o foco desta investigação é sobre resíduos nanotecnológicos no solo, importante destacar a dificuldade na metodologia no emprego de análises deste tipo, devido à complexidade intrínseca das nanopartículas neste ambiente. Este argumento também reforça o empenho de pesquisas da destinação final do nanowaste, pois todos os resíduos acabam por ter contato com o solo⁴⁹:

Bem como quanto às nanopartículas à base de água, a medida das nanopartículas nos solos consiste em isolar a fração das nanopartículas antes de realizar qualquer análise de tamanho ou composição química. As técnicas de preparação de amostras resultam em solução aquosa, após o que as técnicas listadas na última seção podem ser aplicadas. No entanto, embora os métodos analíticos pareçam ser adequados, continua a ser muito difícil identificar e, portanto, quantificar o contributo das nanopartículas fabricadas, devido à não-uniformidade e complexidade intrínseca dos solos. Esta grande dificuldade com a identificação sugere que as técnicas de observação, como microscopia eletrônica de transmissão, microscopia eletrônica de *scanning*, microscopia de força atômica, etc., são os mais adequados, mesmo os

⁴⁸ ABBOTT, Kenneth W.; MARCHANT, Gary E.; CORLEY, Elizabeth A. Soft law oversight mechanisms for nanotechnology. **Jurimetrics: the journal of law, science and technology**, Chicago, v. 52, n. 3, 2012. Disponível em: <<http://cspo.org>>. Acesso em: 25 jul. 2017. Também: BOWMAN, Diana M.; HODGE, Graeme A. 'Governing' nanotechnology without government. **Science and Public Policy**, London, v. 35, n. 7, 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

⁴⁹ MANDIN, Corinne; LE BIHAN, Oliver; AGUERRE-CHARIOL, Olivier. Monitoring nanocerosols end environmental exposure. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011.

Únicos métodos adequados, ainda mais para os compartimentos de ar e água. [tradução nossa, grifo do autor]⁵⁰

Além disso, é importante considerar potenciais processos de transformação e alteração do *nanowaste* que podem ocorrer durante as diversas opções de tratamento de resíduos. Apenas informações escassas estão disponíveis na literatura publicada sobre como ENMs⁵¹ podem alterar-se ou transformar-se durante processos de tratamento de resíduos. Além do que, além disso, o revestimento de partículas persistentes e sua potencial transformação dos resíduos são de alta relevância, porque as propriedades superficiais das ENMs influenciam predominantemente o seu destino e o comportamento. Ademais, escasso estudo centrado na degradação ou persistência de revestimentos de superfície de *nanowaste*. Assim, esta questão é uma tarefa desafiadora para pesquisas futuras⁵².

Outro grande alerta sobre a interação das nanos no solo, obteve-se da pesquisa do professor Colman⁵³, do grupo de pesquisa Cole na *Duke University*, um membro do *Center for the Environmental Implications of NanoTechnology* (CEINT)⁵⁴. Inteiramente inesperado foi descobrir que uma pasta de nano-prata aplicada ao solo liberou o óxido nitroso, um gás de efeito estufa (GEE) cerca de 225 vezes mais potente como dióxido de carbono. As consequências disso implicam nas mudanças climáticas, e a aplicação inadvertida de nano-prata em sólidos biológicos para terras

⁵⁰ MANDIN, Corinne; LE BIHAN, Oliver; AGUERRE-CHARIOL, Olivier. Monitoring nanoaerosols and environmental exposure. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011. p. 208.

⁵¹ Engineering nanomaterials, ou seja, nanomateriais engenheirados [tradução nossa].

⁵² PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁵³ COLMAN, Benjamin P. et al. Low concentrations of silver nanoparticles produce adverse ecosystem responses under realistic field scenario. **Plos One**, San Francisco, Feb. 27 2013. Disponível em: <<http://journals.plos.org>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

⁵⁴ CENTER FOR THE ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY (CEINT). **About**: Center for the Environmental Implications of NanoTechnology. Durham, 2017. Disponível em: <<https://ceint.duke.edu/about>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

agrícolas não são pequenas. Portanto, até mesmo o uso inadequado desta nova tecnologia no solo poderá impactar, inclusive, nas mudanças climáticas, face o gás liberado com nanopartícula muito mais potente⁵⁵.

A fim de exemplificar em números a importância do estudo do *nanowaste* em contato com o solo, com o final do ciclo de vida no nanomaterial, apresenta-se a quantidade de materiais depositados em aterros sanitários ao redor do mundo, através da Tabela 1, como no caso específico dos pneus⁵⁶, resíduos estes que interferem diretamente no ecossistema através do contato dos nanoresíduos no solo.

Tabela 1 – Disposição de Pneus em seu Final de Ciclo de Vida para os Maiores Mercados Globais

Region	Total volume		% of tyres for each end-of-life disposition method					Source
	Millions of tonnes	Millions of end-of-life tyres	Landfilling	Material recycling	Energy recovery	Re-treading	Reuse and export	
United States	4.60	184	15%	34%	40%	7.2%	3.0%	US Environmental Protection Agency MSW (2012)
Europe	3.30	132	4.0%	40%	38%	8.0%	10%	European Tyre and Rubber Manufacturers Association (2012)
China	5.00	200	83%	10%	0%	6.8%	0%	WBCSD (2012); Yang (2010)

Fonte: OECD⁵⁷.

Desta maneira, possível concluir que ainda é grande o descarte de pneus com nanomateriais no solo, principalmente na China⁵⁸, sem contar que mesmo em outros processos, os resí-

⁵⁵ COLMAN, Benjamin P. et al. Low concentrations of silver nanoparticles produce adverse ecosystem responses under realistic field scenario. **Plos One**, San Francisco, Feb. 27 2013. Disponível em: <<http://journals.plos.org>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

⁵⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres: Greening Industry and Transport**. Paris, July 18 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁵⁷ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres: Greening Industry and Transport**. Paris, July 18 2014. p. 118. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁵⁸ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres: Greening Industry and Transport**. Paris, July 18 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

duos acabarão tendo contato final no solo, como no caso da reciclagem com uso de água, que ao final, tornam-se também águas residuais.

Quanto ao LCA⁵⁹ dos nanomateriais no solo, explica Suppan⁶⁰ sobre as dificuldades enfrentadas:

A LCA de ENMs em meios ambientais, particularmente no solo, é talvez ainda mais difícil do que LCA no meio humano porque não há lei ou política de proteção para os componentes da saúde do solo e fertilidade, como há para saúde e fertilidade humana. A falta de lei para proteger a biodiversidade do solo é difícil de entender, apenas considerando os trilhões de dólares de valor econômico anual que resultam da biodiversidade do solo. [tradução nossa]⁶¹

Por fim, Suppan⁶² alerta sobre a importância dos estudos de ciclo de vida nos nanomateriais no solo:

Como escrevi em um ensaio de 2013, não há lei no mundo que proteja a saúde do solo, talvez por causa da complexidade científica de fazendo isso. No entanto, os custos econômicos ao abusar do solo através da erosão, e contaminação foi estimada globalmente em US\$ 13 trilhões por ano. Os agricultores testam o solo para os nutrientes mais importantes do ponto de vista comercial, mas a saúde microbiana do solo e particularmente de engenheiros de solo é adotado por

⁵⁹ *Life cycle assessment*, ou seja, análise do ciclo de vida [tradução nossa].

⁶⁰ Suppan é analista sênior do *Institute for Agriculture and Trade Policy* – Instituto para agricultura e políticas de mercado [tradução nossa] – dos EUA, sendo que esta investigação está em consonância com os estudos por eles desenvolvidos, nos temas de nanotecnologias aplicadas ao solo e seus efeitos. SUPPAN, Steve. Rationales for the food and agricultural applications of nanotechnology and exposure science required for its regulation. **TOMO**, São Cristóvão, n. 29, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

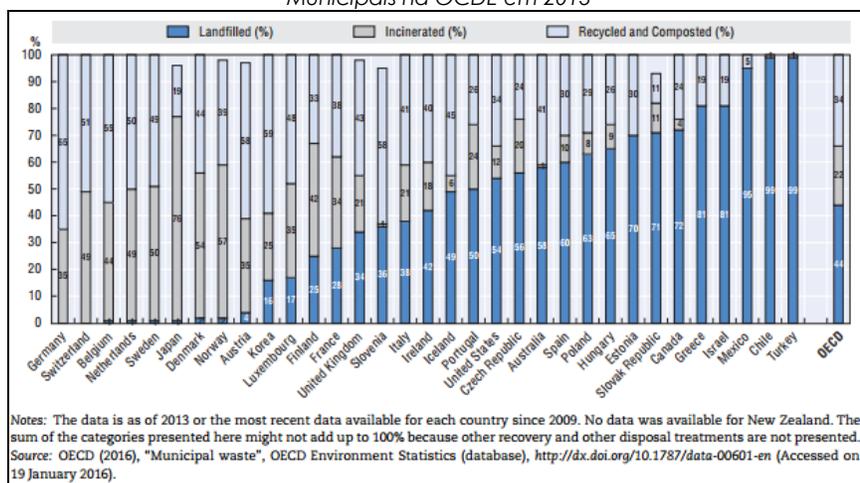
⁶¹ SUPPAN, Steve. Rationales for the food and agricultural applications of nanotechnology and exposure science required for its regulation. **TOMO**, São Cristóvão, n. 29, p. 196, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁶² SUPPAN, Steve. Rationales for the food and agricultural applications of nanotechnology and exposure science required for its regulation. **TOMO**, São Cristóvão, n. 29, p. 198, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

boas práticas agrícolas. Essas práticas incluem plantar culturas de cobertura que são favoráveis a ambas as culturas comerciais e gado pastoreado. [tradução nossa]

Seguindo a linha das nanos no solo, e quanto ao destino final do *nanowaste*, possível avaliar o descarte destes resíduos pelo menos nos países integrantes da OECD – organização que no próximo capítulo será apresentada, dada sua importância na elaboração e fomento de pesquisas em *nanowaste* – através do Gráfico 6:

Gráfico 6 – Rotas de Eliminação de Resíduos Sólidos Municipais na OCDE em 2013



Fonte: OECD⁶³.

Com base nos dados, possível observar que a grande maioria dos resíduos com nanopartículas são destinados para aterros sanitários, em grande parte dos países componentes da OECD, o que alimenta o debate da preocupação com *nanowaste* no solo. A liberação de nanopartículas, em virtude da trajetória dos resíduos, alcançará não só o solo, mas também o meio ambiente todo através das águas residuais do lençol freático, e das emissões

⁶³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. p. 52. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

de gases oriundos do aterro e superfície⁶⁴. Tal exposição aumenta o risco, de modo que uma gestão adequada a estes resíduos é o caminho mais seguro e responsável para saúde humana e meio ambiente.

Necessário ainda entender quanto a segurança (ou não) das proteções projetadas em aterros de resíduos nanotecnológicos, conforme esclarece a OECD:

As descobertas recentes sugerem que devidamente projetado e construído os aterros serão capazes de limitar significativamente o transporte de nanopartículas ao meio ambiente para períodos de tempo prolongados (aproximadamente 100 anos). Foi feito um teste de difusão que as nanopartículas não atravessaram a membrana, o que corresponde a uma eficiência efetiva das geomembranas ao longo de 12 anos em condições reais, no entanto, outro estudo propõe que os ENMs sejam colocados perto do fundo dos aterros são motivo de preocupação, pois podem transportar ou difundir através de forros, especialmente se estiverem perto do fundo do aterro sanitário. Desde lixiviado, que é um celular na fase aquosa, poderia ser liberada para o meio ambiente, poderia resultar riscos para a saúde humana. Os revestimentos de membrana sintética provavelmente contêm ENMs e atualmente estão sendo pesquisados. No entanto, são necessárias mais pesquisas, em particular para determinar o risco potencial de ENMs. [tradução nossa]⁶⁵

Por fim, como último exemplo de cientistas que vêm pesquisando sobre *nanowaste* e destino final, citam-se as Universidades Rice e Geórgia dos EUA, as quais buscam a destinação final adequada para estes nanomateriais. Reuniram-se para investigar o impacto ambiental potencial da Nanotecnologia, focando principalmente nos rejeitos e na destinação final dos nanomateriais. Especificamente, eles querem saber se podem prever o destino e a forma como se dá o transporte de rejeitos de nanomateriais em

⁶⁴ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁶⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. p. 63. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ecossistemas, e se os nanomateriais se comportam da mesma forma que os poluentes ambientais mais comuns. Além disso, eles querem determinar se os nanomateriais podem ser tratados antes de entrar no meio ambiente para minimizar seu impacto⁶⁶.

O desenvolvimento de técnicas de monitoramento e diagnóstico de nanomateriais (objetivando ampliar os conhecimentos na área nanotoxicológica e sobre o ciclo de vida destes materiais) bem como para se determinar formas apropriadas, sustentáveis e seguras de produção (incluindo manejo de resíduos), é imprescindível para que se possa desfrutar das benesses das nanotecnologias com segurança e objetivando a proteção⁶⁷.

A gestão dos riscos das nanotecnologias segue em discussão nas mais diferentes áreas de conhecimento, tanto que recente documento do congresso norte americano, elaborado por um especialista em políticas de ciência e tecnologia, menciona que os potenciais riscos ambientais, à saúde e de segurança das nanopartículas em humanos e animais dependem em parte de seu potencial para se acumular, especialmente em órgãos vitais como os pulmões e cérebro, que pode ferir ou matar, e para se difundir no meio ambiente e potencialmente prejudicar os ecossistemas⁶⁸.

Por toda fundamentação teórica acima exposta, o ciclo de vida dos nanomateriais requer atenção, pois a proliferação de nanopartículas ocorre desde a produção industrial (manipulação de propriedades em nível atômico), perpassando pela manipulação dos trabalhadores, pelo transporte, pelo consumo na sociedade, e após do término de vida útil (*end-of-life*), o descarte. O risco de dano pelo contato destes nanomateriais no ecossistema

⁶⁶ QUAIS os riscos da nanotecnologia para o meio ambiente? **Inovação Tecnológica**, [S.l.], 22 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacao tecnologica.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁶⁷ ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio: construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**: RDA, v. 18, n. 69, jan./mar. 2013. Disponível em: <<https://bdjur.stj.ius.br>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁶⁸ SARGENT Jr., John F. **Nanotechnology**: a policy primer. Washington: Congressional Research Service, Setp. 15 2016. Disponível em: <<https://www.fas.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

é único, e estes (possíveis) danos ao meio ambiente e vida humana serão de difícil remediação (face o tamanho da partícula), caso ele de fato ocorra. Durante todos os processos, até o final, as nanopartículas entram em contato com o meio ambiente, de todas as formas. E na destinação final dos mesmos, permanecem os nanomateriais sendo processados em tratamentos de resíduos sem qualquer medida acautelatória, isso quando eles são dispostos corretamente. Pelo quadro da OECD, pelo menos na Europa, grande maioria dos resíduos são descartados em aterros sanitários, gerando maior contato com o solo. Contudo, independente do tratamento do resíduo, a adoção de protocolo é necessário, conforme se verá no tópico 4.3 deste estudo, a fim de proteger o meio ambiente e saúde humana. Atualmente não se dá a devida atenção à destinação final dos nanomateriais, sendo que a nanosegurança demanda uma adequação destes resíduos, com medidas precaucionais mínimas.

Em face do risco apresentado no ciclo de vida dos nanomateriais, bem como a inadequação da destinação final, o Princípio da precaução pode servir como vetor ou incentivo para adoção de marco regulatório específico, na proposta desta investigação, o protocolo da OECD, como instrumento autorregulatório apto para prevenção dos danos ao meio ambiente e vida humana. Quanto a este princípio ambiental, será o próximo tema da investigação.

2.2. O Princípio da Precaução como Fundamento para Regulação do Nanowaste

Devidamente exposta a importância do ciclo de vida dos nanomateriais, o que gera, por consequência, a devida atenção ao *nanowaste*, importante trazer à tona o mecanismo principiológico de proteção ambiental, o Princípio da Precaução, o qual fomenta o desenvolvimento de regulação apropriada às complexas demandas enfrentadas nesta conjuntura.

Necessário cautela e precaução, pois aqui se tem a ambivalência de várias tecnologias e produtos gerados em escala nano. Observa-se que as possibilidades ou efeitos positivos são muito grandes, entretanto, a probabilidade de danos é muito significativa ao ecossistema de maneira geral. Insere-se no cenário de risco.

As atuais pesquisas desenvolvidas até o momento contribuem para esta preocupação, o que gera uma aproximação entre os países, com o intuito de produzir nanotecnologia presando o meio ambiente⁶⁹.

Uma vez que a produção em nanoescala manipula diferentes características de cada substância, são obtidos resultados diferentes que antes não estavam presentes nos equivalentes convencionais. Portanto, o status demonstra que as nanotecnologias são uma forma de intervenção humana no sistema natural que, é sabido, possui uma dinâmica natural a partir de preceitos da autopoiese. Assim, a manipulação de átomos e moléculas proporciona novos desafios aos humanos, dentre eles a criação de direitos e obrigações inéditos, uma vez que desconhecidos os reflexos das *nanos* na vida humana. Tal contexto apresenta os potenciais desconhecidos das nanotecnologias, gerando a incerteza, que deságua no risco⁷⁰.

De acordo com Wittmann⁷¹, necessário que se busque uma compreensão do risco desde um âmbito de ação singular até um âmbito coletivo, o que gera na ciência jurídica implicação em abrir mão de seu unilateralismo e expanda seus horizontes, buscando aporte em outras ciências. No que tange às nanotecnologias, há de se considerar que os riscos são diversos, seja pelo impacto negativo ou sobre as benesses para a sociedade e natureza. Há debate entre inovação tecnológica, sociedade de risco, equidade intergeracional e na sociedade uma complexidade sistêmica inédita, ingressando no ambiente jurídico por meio da compreensão dos riscos que envolvem e ameaçam o direito à sustentabilidade.

⁶⁹ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (orgs.) **Constitucionalismo democrático na América Latina: desafios do século XXI**. Curitiba: Multideia, 2015.

⁷⁰ WITTMANN, Cristian Ricardo. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

⁷¹ WITTMANN, Cristian Ricardo. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

Nesta conjuntura, o Princípio da Precaução torna-se mais um vetor para embasar a necessidade de conhecimento acerca da destinação final dos nanomateriais, bem como ainda relacioná-la à urgência de autorregulação.

Este importante princípio ambiental surgiu originalmente na Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente realizada em Estocolmo, na Suécia, em 1972. Foi primeiramente incorporado por um ordenamento jurídico nacional na Alemanha denominado de *Vorsorgeprinzip*, o qual passou a nortear as políticas ambientais alemã. Foi aplicado, posteriormente, na Conferência Internacional sobre a Proteção do Mar do Norte, em 1984 e na Convenção de Viena, ano de 85, surgindo como princípio autônomo em 1987, na segunda edição da Conferência Internacional sobre a Proteção do Mar do Norte. No âmbito da Comunidade Europeia, passou a integrar o rol de princípios comunitários através do *Tratado de Maastricht*. Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e desenvolvimento, no Rio de Janeiro (Rio 92), o princípio da precaução passou a integrar o rol de princípios produzidos naquela oportunidade juntamente com outros princípios fundamentais para o desiderato de promover a proteção do meio ambiente⁷².

No cenário das nanotecnologias e meio ambiente, uma abordagem de precaução é fundamental. Tal medida preventiva exige a presença de mecanismos de supervisão nanoespecíficos obrigatórios que considerem as características típicas dos materiais. Dentro desses mecanismos, a proteção da saúde pública e a segurança dos trabalhadores e sociedade requerem um enfoque comprometido com a pesquisa de risco crítico e uma ação imediata para mitigar as possíveis exposições até que for provada a sua segurança. Deve ser colocada a mesma ênfase nas medidas que salvaguardem o meio ambiente. A supervisão deve ser sempre transparente e oferecer acesso público à informação com respeito à tomada de decisões, aos testes de segurança e aos produtos⁷³. Defende a doutrina que sem a certeza científica sobre

⁷² WEYERMÜLLER, André Rafael. **Direito ambiental e aquecimento global**. São Paulo: Atlas, 2010.

⁷³ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria

a segurança do nanomaterial, o mesmo sequer poderia entrar no mercado, o que atualmente, verifica-se o oposto:

O princípio da precaução, integrado em várias convenções internacionais, foi descrito da seguinte maneira: 'Quando alguma atividade ameaça a saúde humana ou o meio ambiente, medidas de precaução devem ser tomadas, inclusive quando as relações de causa e efeito não são totalmente estabelecidas de maneira científica'. Com as nanotecnologias existe um elemento importante de ameaça, que requer ações preventivas ou de precaução, atribuindo uma carga de responsabilidade àqueles que realizam atividades com as nanotecnologias que possam gerar danos, que considerem alternativas para os seus novos processos e atividades, e que promovam a participação pública nos processos de decisão de suas aplicações. Isto também deveria incluir a proibição da comercialização e uso de nanomateriais não provados, assim como requerer dos fabricantes e distribuidores a garantia de que estes produtos sejam de baixo risco. Em outras palavras, 'sem informação sobre saúde e risco, não há mercado'.⁷⁴

Defende Pariotti⁷⁵ sobre a construção de instrumento regulamentar para as nanos, ante o cenário de incertezas, com adoção do princípio da precaução:

A construção de um quadro regulamentar para tecnologias emergentes, no entanto, requer duas etapas preliminares,

Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁷⁴ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. p. 4. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁷⁵ PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**. Pamplona, n. 62, p. 18, 2010. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

respectivamente, tratando de esclarecer princípios de fundo e abraçando um modelo de gerenciamento de risco específico. A fim de conceber uma abordagem regulamentar das nanotecnologias, primeiro deve ser perguntado se, do ponto de vista jurídico, a noção de risco difere da noção de incerteza. Parece que isso difere, o que é a razão do princípio da precaução, embora questionável no seu significado e implicações, dever ser aplicado. Os reguladores precisam saber se os nanoprodutos são potencialmente prejudiciais, mas eles têm que regular mesmo quando os riscos e o dano não são quantificáveis. [tradução nossa]

O cenário das nanos se inserem no plano da inovação e desenvolvimento, dentro da Sociedade de Risco. Fomenta-se a indústria com novos produtos, posteriormente disponibilizando-os ao consumidor, de maneira irrestrita, sem pensar nos seus possíveis efeitos nocivos. Contudo, tal evolução nanotecnológica precisa respeitar critérios mínimos de sustentabilidade, apoiando-se no conhecimento técnico já obtido, que de certo modo se relacionam com a precaução. Tais medidas devem ser tomadas pelo Estado, com finalidade de evitar maiores danos ao meio ambiente. nesse sentido, Weyermüller⁷⁶:

A sustentabilidade e o aspecto duradouro do desenvolvimento também estão relacionados ao princípio da precaução, que vincula a ação do Estado no sentido de adotar medidas preventivas baseadas no conhecimento técnico e que têm possibilidade de evitar a ocorrência de eventos danosos que podem, em virtude da imprevisibilidade produzida pela Sociedade de Risco, afetar a viabilidade da vida humana.

Como a precaução é um mecanismo de cautela, de proteção aos (potenciais) danos futuros, importante aliá-lo à sustentabilidade. Pertinente então apresentar pelo menos uma organização internacional que vem estudando o desenvolvimento das nano-

⁷⁶ WEYERMÜLLER, André Rafael. A fragmentação do projeto moderno e a necessidade de construção de um estado constitucional ecológico na sociedade de risco globalizada. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 8, n. 15, p. 87-88, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

tecnologias aliadas à sustentabilidade, de maneira a pesquisar a interação entre os nanomateriais e ecossistema, promovendo a evolução da nanotecnologia com uma pegada ambiental⁷⁷. Trata-se do Centro para Nanotecnologia Sustentável:

O objetivo do Centro para Nanotecnologia Sustentável é desenvolver e utilizar uma compreensão do nível molecular das interações nanomateriais-biológicas para permitir o desenvolvimento de nanotecnologias sustentáveis e socialmente benéficas. Com efeito, pretendemos compreender os princípios químicos e físicos de nível molecular que regem o modo como as nanopartículas interagem com os sistemas vivos, a fim de fornecer os fundamentos científicos necessários para garantir que a evolução contínua da nanotecnologia possa ocorrer com a pegada ambiental mínima e benefício máximo para a sociedade. O CSN não é um centro físico, mas é um ponto focalizado para a colaboração que liga a experiência complementar de pesquisadores em 12 instituições diferentes para alcançar o que nenhum de nós poderia fazer individualmente. Nós co-assessoramos estudantes de pós-graduação e nos encontramos frequentemente no espaço cibernético, aproveitando o mais recente em comunicações habilitadas para a web para alcançar um alto nível de interação. O financiamento para o CSN vem da Divisão de Química da Fundação Nacional da Ciência através do Programa de Centros de Inovação Química. [tradução nossa]⁷⁸

Desta forma, necessário que seja repensada a ausência de regulação específica das nanos a partir de um viés precaucional, que também tem ligação com o desenvolvimento mais sustentável, e igualmente com um tom de responsabilidade. O princípio da precaução, levando em consideração suas bases, poderia contribuir para o fomento de adoção de instrumentos com potencial regulatório.

⁷⁷ THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY. **About us**. Madison, 2015. Disponível em: <<https://susnano.wisc.edu/about>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

⁷⁸ THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY. **About us**. Madison, 2015. Disponível em: <<https://susnano.wisc.edu/about>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

Sobre esta base principiológica e gestão de riscos, Andorno⁷⁹, em seu artigo Validez del Principio de Precaución como Instrumento Jurídico para la Prevención y la Gestión de Riesgos, discute:

En el marco de la reflexión acerca del principio de precaución, parece pertinente recordar la noción clásica de prudencia, y sobre todo de la prudencia política, porque en el fondo, de lo que se trata con este principio, es de poner en práctica esta virtud. Nos encontramos ante la situación del gobernante que debe tomar decisiones acerca de determinados productos o actividades de los que se sospecha, con un cierto fundamento, que son portadores de riesgo para la sociedad, pero sin que se tenga a mano una prueba definitiva y contundente de tal riesgo. En tales supuestos, la autoridad debe hacer un esfuerzo de prudencia, es decir, de una adecuada apreciación de las circunstancias del caso, para lograr un equilibrio entre dos extremos: por un lado, el temor irracional ante lo novedoso por el sólo hecho de ser novedoso, y por el otro lado, una pasividad irresponsable ante prácticas o productos que pueden resultar gravemente nocivos para la salud pública o el medio ambiente.

Possível acrescentar a visão de Tallacchini⁸⁰ sobre a precaução e incerteza da ciência, adequando-se ao cenário de risco do *nanowaste*:

La creciente dimensión de incertidumbre del saber científico, en particular en el ámbito de las nuevas ciencias de la vida son los fenómenos que están cimentando una distinta visión de las relaciones entre ciencia y sociedad. Con la expresión 'incertidumbre de la ciencia' se hace alusión a varias formas de indeterminación del saber en el campo científico: la complejidad de los conocimientos, la falta o insuficiencia de

⁷⁹ ANDORNO, Roberto. Validez del principio de precaución como instrumento jurídico para la prevención y la gestión de riesgos. In: ROMEO CASABONA, Carlos María (Ed.). **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. p. 17-18.

⁸⁰ TALLACCHINI, Mariachiara. Principio de precaución y bioseguridad: aplicación a la salud humana. In: ROMEO CASABONA, Carlos María (Ed.). **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. p. 87.

datos, la imprevisibilidad de los éxitos, el carácter estocástico de las previsiones en muchos sectores.

Portanto, necessário o suporte à gestão dos riscos enfrentados na sociedade pós-moderna conhecendo e aplicando minimamente os elementos estruturantes do Princípio da Precaução, que pode trazer fundamento e lastro para a efetivação da autorregulação dos nanomateriais e sua correta destinação.

É preciso que haja uma antecipação aos resultados negativos de nossa ação modificadora através da aplicação do princípio da precaução, o qual se liga à necessidade de uma comunicação ambientalmente relevante entre os sistemas sociais do Direito e da Economia para atingir o benefício do meio ambiente. Precisa-se de uma comunicação em que se realize uma espécie de ponderação entre os interesses coletivos (meio ambiente preservado) e as pressões de uma economia⁸¹, conflito este presente na era nanotecnológica.

Na doutrina de Milaré⁸² há defesa de que tal princípio enfrenta a incerteza dos saberes científicos em si mesmos. Afirma o autor que esta aplicação observa argumentos de ordem hipotética, situados no campo das possibilidades, e não necessariamente de posicionamentos científicos claros e conclusivos. Ainda, busca instituir procedimentos capazes de embasar uma decisão racional na fase de incertezas e controvérsias, de forma a diminuir os custos da experimentação. Dá como exemplo de sua invocação quando se discutem questões como o aquecimento global, engenharia genética e os organismos geneticamente modificados, a clonagem, a exposição a campos eletromagnéticos gerados por estações de radiobase. Nesta tela se inserem as nanotecnologias.

Na mesma senda, Engelmann defende que o princípio da precaução se expressa como a "(...) medida de política pública a ser aplicada quando existem riscos potenciais sérios ou irreversíveis

⁸¹ WEYERMÜLLER, André Rafael. **Direito ambiental e aquecimento global**. São Paulo: Atlas, 2010.

⁸² MILARÉ, Édís. **Direito do ambiente**. 8. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013.

para a saúde ou para o meio (...)”⁸³. Do mesmo modo, a política significa dizer de “(...) mecanismos de pesquisa e monitoramento, a fim de que os perigos possam ser detectados com antecedência”⁸⁴.

Por outro lado, fazendo a conexão do *nanowaste*, resíduos e precaução, interessante citar parte da corrente doutrinária que sustenta o chamado Direito dos resíduos⁸⁵, no qual se respeitam princípios gerais do Direito Ambiental, onde a lei de resíduos sólidos adota designações excessivamente originais que dificultam a sua identificação. Diferentes dimensões do princípio do poluidor-pagador aparecem desagregadas como se fossem quatro princípios autônomos, na análise da lei portuguesa, pelo menos: são eles o princípio da responsabilidade pela gestão, o princípio da responsabilidade do cidadão, o princípio da equivalência e o princípio da responsabilidade alargada do produtor. O princípio da precaução está omissa, apesar da sua importância, quando a dinâmica comercial e industrial continuam a fazer surgir novas categorias de resíduos, e aqui se traz a tona os nanomateriais, com novos e insuspeitos efeitos ambientais⁸⁶.

Considerando-se o contexto das nanotecnologias, o princípio da precaução é aquele que deve nortear as condutas organizacionais, especialmente por exigir a tomada de decisões em momentos fundamentais durante todo o processo de pesquisa e desenvolvimento, a promover a: “Construção de uma fórmula que integre uma premissa ética, alicerçada no direito fundamen-

⁸³ ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego da nanotecnologia. In: SOUZA, Ismael Francisco; VIEIRA, Reginaldo de Souza (Org.). **Direitos fundamentais e estado:** políticas públicas e práticas democráticas. Criciúma: Ed. UNESC, 2011a. p. 415.

⁸⁴ ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego da nanotecnologia. In: SOUZA, Ismael Francisco; VIEIRA, Reginaldo de Souza (Org.). **Direitos fundamentais e estado:** políticas públicas e práticas democráticas. Criciúma: Ed. UNESC, 2011a. p. 415.

⁸⁵ ARAGÃO, Maria Alexandra de Sousa. **O direito dos resíduos.** Coimbra: Livraria Almedina, maio 2003. (Cadernos CEDOUA).

⁸⁶ ARAGÃO, Alexandra. Princípios fundamentais do direito dos resíduos. In: ARAGÃO, Alexandra et al. **Direito dos resíduos.** Coordenação científica: João Miranda, Rui Cunha Marques, Ana Luísa Guimarães e Mark Kirkby. Lisboa: Europress, jul. 2014. (Série cursos técnicos, 4).

tal ao respeito à precaução, entendida como o cálculo, avaliação e a projeção de consequências"⁸⁷.

Importante destacar que nas negociações internacionais na área ambiental, o Princípio da Precaução ou cautela é cada vez mais invocado, motivando esforços para a institucionalização de instrumentos reguladores, dirigidos para garantir o que já se convencionou denominar de *biossegurança* e para o controle dos movimentos transfronteiriços de organismos geneticamente modificados, como atesta o firmado Protocolo Internacional de Biossegurança (janeiro de 2000), mas que diz respeito às segurança biológica⁸⁸.

Assim, é necessário que haja uma antecipação aos resultados negativos de nossa ação modificadora através da aplicação do princípio da precaução, o qual se liga à necessidade de uma comunicação ambientalmente relevante entre os sistemas sociais do Direito e da Economia para atingir o benefício do meio ambiente. Precisa-se de uma comunicação em que se realize uma espécie de ponderação dos bens ambientais e desenvolvimento⁸⁹.

Ante o cenário de risco apresentado na era nanotecnológica, necessário que, perante o princípio da Precaução, sejam adotados mecanismos de cautela, a fim de evitar (possíveis) danos ao ecossistema. É o que leciona Carvalho⁹⁰:

⁸⁷ ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego da nanotecnologia. In: SOUZA, Ismael Francisco; VIEIRA, Reginaldo de Souza (Org.). **Direitos fundamentais e estado:** políticas públicas e práticas democráticas. Criciúma: Ed. UNESC, 2011a. p. 417.

⁸⁸ ALBAGLI, Sarita. Biodiversidade e biotecnologia na geopolítica e na geoeconomia mundiais. In: CENTRO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Comércio e meio ambiente.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

⁸⁹ WEYERMÜLLER, André Rafael. **Direito ambiental e aquecimento global.** São Paulo: Atlas, 2010.

⁹⁰ CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica:** anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 84.

Em outro caso, a nanotecnologia mostra-se como uma tecnologia de benefícios potenciais extraordinários e sérios riscos também. Riscos estes pobremente investigados e conhecidos. No longo prazo, o cenário das nanotecnologias pode envolver desenvolvimentos revolucionários, com uma possibilidade de profundos impactos econômicos e sociais positivos. Diante dos limiares altos acerca tanto dos benefícios como riscos desta tecnologia, uma precaução pura parece inapropriada, devendo ser evitada uma postura de simples obstaculização da continuidade das pesquisas envolvendo essa tecnologia (dado ao seu alto potencial benéfico futuro). Contudo, os limiares altos acerca da possível magnitude destes riscos, por evidente, justifica alguma gradação de cautela, devendo estes nanomateriais receberem uma maior densidade precaucional do que os produtos químicos em geral, tais como: i) restrições nos usos envolvendo potencial exposição pública até que maiores informações estejam disponíveis; ii) a sensibilização aos potenciais de possíveis danos graves e irreversíveis; iii) a potencialização de estímulo à pesquisa acerca das atuais questões envolvendo consequências à saúde, ao meio ambiente bem como referentes à segurança dos usos dos nanomateriais.

Contudo, ressalvas a este princípio devem ser realizadas, apontando certas fragilidades, as quais originam críticas à precaução. Alertando quanto à utilização deste princípio, Douglas e Wildavsky⁹¹ afirmam que o uso mecânico da precaução pode obscurecer o ponto central na discussão sobre os riscos, uma vez que não há maneira de evitar o risco em vida. Em seu entendimento a saída é a utilização de todo conhecimento disponível para distinguir os riscos grandes, os bem estabelecidos, aqueles que são prováveis e aqueles que as evidências sugerem ser insignificantes ou inexistentes.

Existem posições divergentes na doutrina quanto a efetividade do Princípio da Precaução, principalmente no sentido de haver inúmeras limitações a este instrumento ambiental, como a ambiguidade inerente do princípio; a cobertura do princípio so-

⁹¹ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

mente para determinados tipos de riscos; e percepção diferente de cada tomador de decisão quanto ao risco, que dificulta sua aplicação, principalmente se levado em consideração o modelo econômico de interpretação da precaução na gestão do risco. Ademais, apresentam-se tantos problemas teóricos quanto de coleta de dados para aplicabilidade, gerando inconsistência de parâmetro a ser aplicado em sistemas de gestão, de forma ainda que a precaução não pode gerar decisões singulares, o que demanda a multidisciplinariedade e responsabilidade das áreas política, jurídica, econômica⁹².

Há lições que entendem ser insuficiente ou inaplicável o Princípio da precaução, seguindo uma orientação resistente típica americana, por se apresentar o mecanismo dúbio, impreciso, e até mesmo ambíguo em relação às decisões centrais de gerenciamento de risco, conforme defendem Marchand e Sylvester⁹³:

Alguns estudiosos do direito afirmam que o princípio da precaução atingiu o status do direito internacional consuetuditário, dada a sua inclusão em uma série de casos do Tribunal de acordos ambientais internacionais e internacionais, mas esta conclusão é posta em questão pela não concordância com o princípio da precaução por algumas nações, principalmente os Estados Unidos. O princípio da precaução é duvidoso como base para regulação da nanotecnologia para pelo menos três principais razões. Primeiro, não obstante referências frequentes para 'o' princípio da precaução, não existe um padrão ou versão aceita do princípio da precaução. Pelo menos dezenove versões diferentes da precaução Princípios são identificados, diferindo em importantes limites em várias dimensões diferentes. Sem nenhum consenso quanto ao que significa o princípio da precaução, não fornece uma base sólida ou confiável para a regulação transnacional. Em segundo lugar, todas as versões do princípio da precaução são ambíguas em relação às decisões centrais de gerenciamento de

⁹² GONÇALVES, Vasco. Critical approach of the use of economic models in precautionary risk management. **European Journal on Risk Regulation**: EJRR, Berlin, v. 4, n. 3, 2013. Disponível em: <<https://www.jstor.org>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

⁹³ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 721, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

risco, tais como: (i) Qual nível de risco é aceitável? (ii) Quais as primeiras indicações de perigo potencial são necessárias para provocar precauções? (iii) quanto de dados os proponentes precisam produzir para demonstrar que um produto ou atividade é suficientemente 'seguro' para prosseguir? (iv) Como os custos e as compensações de risco são levados em conta? (v) Que tipo de ação é necessária para satisfazer o princípio da precaução? Sem fornecer uma resposta a essas perguntas fundamentais para qualquer decisão regulatória, o princípio da precaução não fornece um quadro de decisão com crédito para a nanotecnologia ou qualquer outra tecnologia. [tradução nossa]

Essa grande ressalva quanto ao princípio acompanha a mesma linha de Sunstein⁹⁴, o qual afirma inclusive que a lei americana está mais longe deste princípio. Por fim, numa visão oposta e radical ao princípio, indica que a precaução é paralisadora.

Marchant e Sylvester⁹⁵ observa-se que algum grau de precaução é necessário, contudo, não se enquadraria para regulação das nanos, pois seria o princípio simplista demais para enfrentar decisões de gerenciamento de risco:

Claro, algumas precauções e previsões são essenciais para abordar de forma eficaz e responsável os potenciais riscos de qualquer tecnologia emergente, incluindo a nanotecnologia. Mas é preciso mais do que um slogan. O princípio da precaução é um conceito excessivamente simplista e subdefinido que busca contornar as escolhas difíceis que devem ser enfrentadas na realização de qualquer decisão de gerenciamento de risco e, como tal, não fornece um quadro coerente para a regulamentação da nanotecnologia. [tradução nossa]

Com base nessas vulnerabilidades, como se apresentam inúmeras críticas à precaução, poderia ser utilizado como complemento outro princípio ambiental que se encontra, inclusive, na

⁹⁴ SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005.

⁹⁵ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 722, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

própria Leis de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010, art. 6.º o Princípio do Poluidor-Pagador. Este princípio inclusive está ao lado da precaução naquele dispositivo legal. O conteúdo pleno deste princípio é: o responsável pelos resíduos que deve suportar os custos económicos, sociais e ambientais daqueles. Mas quem é o responsável pelos resíduos? O responsável é, antes de mais, quem produz os resíduos. Se forem resíduos resultantes de uma atividade produtiva, será o operador económico; se for uma atividade de consumo, será o consumidor⁹⁷.

Afirmam Hupffer, Weyermuller, e Waclawovsky⁹⁸ que a concepção do poluidor-pagador retira seu fundamento de validade do art. 4º da Lei nº 6.938/1981⁹⁹ (Política Nacional do Meio Ambiente) que em seu inciso VII estabelece "(...) 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". A Constituição Federal faz referência expressa ao poluidor-pagador nos §§ 2º e 3º do art. 225¹⁰⁰. Com efeito, o princípio do poluidor-pagador busca evitar a degradação dos bens tutelados.

Quanto à confusão de expressão do princípio, Hupffer, Weyermuller, e Waclawovsky¹⁰¹ esclarecem que

⁹⁶ BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. 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>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

⁹⁷ ARAGÃO, Alexandra. Princípios fundamentais do direito dos resíduos. In: ARAGÃO, Alexandra et al. **Direito dos resíduos**. Coordenação científica: João Miranda, Rui Cunha Marques, Ana Luísa Guimarães e Mark Kirkby. Lisboa: Europress, jul. 2014. (Série cursos técnicos, 4).

⁹⁸ HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor – recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

⁹⁹ BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

¹⁰⁰ BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

¹⁰¹ HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor – recebedor na institucionalização de

Há que se fazer uma necessária ressalva ao equivocado entendimento que as expressões conjugadas 'poluidor-pagador' possam causar ao intérprete. O aludido princípio não se refere à possibilidade – faculdade – de o agente causar degradação ao ambiente sempre que 'pagar' pela sua poluição, demonstrando uma típica relação, entre 'poluo, mas pago' ou 'pago, logo posso poluir'. Assim, diversamente do que inicialmente se poderia imaginar, o sentido do princípio do poluidor-pagador não é o de mera responsabilidade, mas, antes disso, é dúplice (...).

Tal sentido dúplice seria, nas palavras de Moura¹⁰²

(...) inserir o caráter preventivo e repressivo quanto a eventuais danos ao meio ambiente. Assim, percebem-se dois momentos de sua incidência. Na primeira, impõe ao agente, potencialmente causador de danos ambientais, o emprego de técnicas e mecanismos no sentido de evitar lesões dessa ordem. No segundo, isto é, ocorrida a lesão ao meio ambiente, cumpre-lhe o dever de reparar o dano.

Tal princípio é, em verdade, um princípio de solidariedade social, na medida em que impõe ao agente que evite a degradação mas em não tendo logrado evitá-la, responderá pelo dano causado. O elemento que diferencia o princípio do poluidor-pagador da responsabilidade tradicional é que o mesmo busca afastar o ônus do custo econômico das costas da coletividade e dirige diretamente ao utilizador dos recursos ambientais. Logo ele não está fundado no princípio da responsabilidade mas sim na solidariedade social e na prevenção mediante a imposição da carga pelos custos ambientais nos produtores e consumidores¹⁰³.

programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 100-101, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

¹⁰² MOURA, Paulo André Pereira. **Responsabilidade civil por danos ambientais na indústria do petróleo**. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.p. 60.

¹⁰³ HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor – recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

É nesse sentido que a lei consagra o princípio da responsabilidade pela gestão, imputando-a ao produtor do resíduo, que tanto pode ser o produtor de um produto ou serviço como um consumidor. Deste modo, o princípio do poluidor-pagador tem reflexos tanto na gestão profissional como não profissional dos resíduos, embora a extensão da responsabilidade seja diferente. No caso dos produtores, a responsabilidade vai desde o *berço* até ao *caixão* porque se estende do momento da produção do produto ou serviço que gera o resíduo até à gestão final do resíduo pós-consumo. Já no caso dos consumidores, a responsabilidade também é alargada: começa no momento da compra e estende-se até à deposição seletiva¹⁰⁴.

Portanto, o princípio do poluidor-pagador, atribuindo responsabilização ao degradador ambiental, desde a produção até mesmo o consumo, seria um aliado ao desenvolvimento desta nova tecnologia de maneira mais consciente e responsável, de modo que a adoção de mecanismos regulatórios para a destinação final do *nanowaste* iria ao encontro deste princípio. Em verdade, visualiza-se a complementação entre os dois princípios.

Por outro lado, vale trazer a tona ainda, quanto a lei de resíduos sólidos e as nanos, a proposta destacada por Pulz¹⁰⁵, onde afirma que seria a logística reversa uma ferramenta estratégica a ser explorada, eis que em relação a produção de resíduos pós-consumo, apresenta-se como meio adequado tanto para minimizar qualquer tipo de riscos ambientais pela acumulação ou contaminação do meio ambiente (solo, ar, água) quanto a riscos humanos pela exposição a agentes nocivos (inalação, ingestão, absorção, contato, entre outras) provenientes do descarte ou dispo-

¹⁰⁴ ARAGÃO, Alexandra. Princípios fundamentais do direito dos resíduos. In: ARAGÃO, Alexandra et al. **Direito dos resíduos**. Coordenação científica: João Miranda, Rui Cunha Marques, Ana Luísa Guimarães e Mark Kirkby. Lisboa: Europress, jul. 2014. (Série cursos técnicos, 4).

¹⁰⁵ PULZ, Ronei Leonardo. **O direito na era das nanotecnologias**: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos. 2015. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015. Documento em PDF.

sição inadequada de materiais nanoengenheirados. Pulz¹⁰⁶ ainda expõe que trata-se de uma possibilidade de reduzir as chances de probabilidade de ocorrência de efeitos indesejados e incertos das nanotecnologias, e também favorece a coleta e monitoramento de dados, "(...) uma vez que a responsabilidade compartilhada passa por todas as etapas do ciclo de vida dos produtos (art. 3º, IV da Lei 12.305/10), formando um banco de dados sobre os produtos nanotecnológicos", prestando verdadeiro auxílio na tomada de decisões que envolvam possíveis riscos à saúde humana e ambiental¹⁰⁷.

Comunicando a precaução à ventilada Lei de Resíduos Sólidos, nº 12.305/2010¹⁰⁸, oportuna a visão de Lemos¹⁰⁹, que defende a possibilidade de se recorrer ao mesmo, sendo seu maior argumento exatamente a incerteza científica. Nestes casos, afirma a autora, impõe-se a escolha da melhor opção em prol do meio ambiente, a dúvida milita em favor do meio ambiente, adotando medidas precaucionais.

Apresentadas ideias aliadas à precaução como vetor à regulação, retoma-se as bases do princípio. Tem-se que, por ser um instrumento de ação, tal princípio gera novos deveres aos entes públicos e privados, mas conforme já mencionado, ela levanta questionamentos, ante sua ambiguidade, imprecisão, o que gera a resistência ou até mesmo dificuldade de aplicação. Possibilitando o desenvolvimento de mecanismos para sua aplicação, viável

¹⁰⁶ PULZ, Ronei Leonardo. **O direito na era das nanotecnologias**: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos. 2015. f. 211. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015. Documento em PDF.

¹⁰⁷ PULZ, Ronei Leonardo. **O direito na era das nanotecnologias**: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos. 2015. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015. Documento em PDF.

¹⁰⁸ BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. 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>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

¹⁰⁹ LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. **Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo**. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

seria utilizar-se do que dispõe a comunicação de âmbito geral da Comissão Europeia de 2000 sobre o princípio da precaução, por exemplo, como análise de riscos, critérios de sua aplicação, dentre outros¹¹⁰. Para tanto, deve a precaução acudir a uma abordagem estruturada, uma avaliação científica, tão completa quanto possível, dos riscos para o ambiente e/ou a saúde a fim de identificar os resultados objetivos existentes, as lacunas de conhecimento e as incertezas científicas. Feito isso, poderá ser selecionado o mais adequado plano de ação. Segundo a Comissão, os quatro componentes que devem fazer parte da avaliação científica são: a) identificação do perigo; b) caracterização do perigo; c) avaliação da exposição; e d) caracterização do risco¹¹¹.

Segundo a Comissão, após realizada a avaliação científica, esta influenciará a decisão pela aplicação ou não do Princípio da Precaução. Para que este princípio seja aplicado, deve estar demonstrado que pode estar comprometido o nível de proteção desejado para o meio ambiente ou para um grupo populacional. Para compensar a ausência de dados científicos ou estatísticos, as conclusões devem incluir uma avaliação das incertezas científicas e a descrição das hipóteses utilizadas. É necessário que se faça uma avaliação das potenciais consequências da inação, o que pode ser utilizado como um fundamento para as instâncias de decisão¹¹².

¹¹⁰ COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Comunicação da comissão:** relativa ao princípio da precaução. 2.2.2000 COM (2000) 1 final. Bruxelas, 2000. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

¹¹¹ Conforme este último passo das orientações para a precaução, corresponde à estimativa qualitativa e/ou quantitativa, tendo em consideração as incertezas inerentes, da probabilidade, da frequência e da gravidade do efeito nocivo, potencial ou conhecido, sobre o ambiente ou a saúde susceptível de ocorrer. É estabelecida com base nos três parâmetros anteriores e depende muito das incertezas, das variações, das hipóteses de trabalho e das conjecturas feitas em cada fase do processo. Quando os dados disponíveis são inadequados ou inconclusivos, uma abordagem prudente e cautelosa relativamente à proteção ambiental, à saúde ou à segurança poderia se optar pela hipótese do caso mais favorável. Quando essas hipóteses forem acumuladas, isto conduzirá a um exagero do risco real mas dá uma certa segurança de que não estará subestimado. COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Comunicação da comissão:** relativa ao princípio da precaução. 2.2.2000 COM (2000) 1 final. Bruxelas, 2000. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

¹¹² BONATTI, Gisele Alves. A sociedade de risco e o princípio da precaução. In: GONÇALVES, Rubén Miranda; VEIGA, Fábio da Silva (Dir.); MAGALHÃES, Maria

Em outras palavras, explana Pariotti¹¹³ sobre as orientações contidas na Comunicação da União Europeia sobre a precaução:

Do ponto de vista da Comissão da UE, o princípio da precaução deve ser pensado como parte de uma abordagem estruturada da análise de risco, que inclui três dimensões: avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco. Este princípio é considerado particularmente relevante para a gestão do risco. Nesta perspectiva, enfatiza-se que (i) o apelo à princípio da precaução não implica necessariamente a introdução de medidas juridicamente vinculativas; (ii) as decisões normativas decorrentes da aplicação do princípio deve ser proporcional e não discriminatória e deve basear-se em uma análise custo-benefício que não seja unicamente econômica, mas que levando em consideração também os custos de oportunidade; e (iii) tais decisões devem estar abertas a revisões e adequadas para uma tipo de difusão que exige a responsabilidade de produzir evidência de uma avaliação de risco mais ampla. [tradução nossa]

Contudo, mesmo que se apresentem diversas críticas ou resistência à Precaução se utilizada como fundamento para regulação, o princípio não pode ser desvalorizado:

As regulamentações baseadas no princípio da precaução são críticas para os novos desenvolvimentos tecnológicos, onde os impactos na saúde e no meio ambiente são desconhecidos a longo prazo, estudados de maneira inadequada e/ou imprevisíveis. A falta de dados ou de evidência sobre riscos ou danos específicos, não pode ser motivo para se menosprezar o princípio da precaução.¹¹⁴

Manuela (Coord.). **Derecho, gobernanza e innovación**: dilemas jurídicos de la contemporaneidad en perspectiva transdisciplinar. Porto: Ed. Universidade Portucalense, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.uportu.pt>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

¹¹³ PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**, Pamplona, n. 62, p. 20-21, 2010. Disponível em: <<http://heionline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

¹¹⁴ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na

Ressalta Sunstein¹¹⁵, que tal princípio é frequentemente invocado em casos que envolvam riscos de danos irreversíveis – o qual se enquadra no contexto das nanos – e o termo irreversível é descrito de várias formas que o princípio tende a evitar:

The Precautionary Principle is often invoked in cases involving risks of irreversible harms. As we have seen, the term 'irreversible' appears in numerous descriptions of what the principle is designed to avoid. The intuition here is both straightforward and appealing: More steps should be taken to prevent harms that are effectively final than to prevent those that can be reversed at some cost.

O doutrinador relembra que a ideia de Precaução foi invocada em disputas entre Europa e EUA no que se referia às proibições europeias em organismos geneticamente modificados e hormônios em carnes, dizendo "The idea of precaution has been invoked in a number of high-profile disputes between Europe and the United States involving European prohibitions on genetically modified organisms and hormones in beef"¹¹⁶.

Mesmo tendo um olhar mais crítico e avesso à utilização do Princípio da Precaução de maneira mais ampla, ele explica que seu viés mais cauteloso sugere que a ausência de evidência sobre o dano não pode ser base para se refutar a regulamentação¹¹⁷.

The most cautious and weak versions suggest, quite sensibly, that a lack of decisive evidence of harm should not be a ground for refusing to regulate. Controls might be justified even if we cannot establish a definite connection between,

Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. p. 4. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹¹⁵ SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005. p. 115.

¹¹⁶ SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005. p. 17.

¹¹⁷ SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005.

for example, low-level exposures to certain carcinogens and adverse effects on human health.¹¹⁸

Inexistente normativa específica sobre tal nova tecnologia, permanecem as pessoas e o meio ambiente à mercê do desenvolvimento desenfreado, o qual pode acarretar danos irreversíveis. Portanto, deve a precaução remeter aos limites bioéticos e éticos para proteger as gerações futuras bem como manter a presente. Necessário que tal progresso científico seja observado (leia-se, freado) através das premissas da bioética, fazendo uma reflexão ética sobre seus princípios e premissas. Diante da compreensão das inovações a partir dela, permitir-se-á que o avanço das nanotecnologias ocorra com cautela, respeitando primordialmente a dignidade humana¹¹⁹.

Aliada à precaução, encontra-se limites bioéticos para as tomadas de decisões nas nanotecnologias, principalmente focando na adoção de regulação apta a suprir estas novas demandas inseridas no risco.

Responsabilidade é outra convergência com a precaução, de modo que se busque o desenvolvimento com a promoção de melhores condições de vida e exploração sustentável dos recursos disponíveis, não comprometendo os recursos das próximas futuras¹²⁰. Jonas¹²¹ formula em sua obra um novo mandamento a respeitar, ressaltando justamente uma medida ética e precaucional, protegendo as gerações futuras do desenvolvimento irresponsável:

¹¹⁸ SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005. p. 20.

¹¹⁹ LEAL, Daniele Weber S.; HOHENDORFF, Raquel von. Evolução das nanotecnologias e a necessária aplicação da bioética como garantia de respeito à Dignidade humana. In: ALKIMIN, Maria Aparecida; GORDILHO, Heron José de Santana (Coord.). **XXV Congresso do CONPEDI – Curitiba**: biodireito e direitos dos animais II. Organização CONPEDI/UNICURITIBA. Florianópolis: Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito (CONPEDI), 2016. Disponível em: <<https://www.conpedi.org.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹²⁰ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.

¹²¹ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006. p. 47-48.

'Aja de modo a que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma autêntica vida humana sobre a Terra'; ou expresso negativamente: 'Aja de modo a que os efeitos da tua ação não sejam destrutivos para possibilidade futura de uma tal vida'; ou simplesmente: 'Não ponha em perigo as condições necessárias para a conservação indefinida da humanidade sobre a Terra'; ou, em uso novamente positivo: 'Inclua na tua escolha presente a futura integridade do homem como um dos objetos do teu querer'.

Jonas¹²² sustenta a necessidade de agir de forma responsável, significando que se encontram sob meus cuidados o bem-estar, o interesse e o destino de outros, ou seja, o controle que tenho sobre eles inclui, igualmente, a minha obrigação pura com eles.

Buscando respostas éticas para a utilização em nano escala, importante entender que a ética não é uma disciplina isolada, nem tampouco autoritária. É a parte da filosofia que permite a nós adquirir as ferramentas e meio que servem para elucidar as ações e acessá-las criticamente¹²³. É a afirmação de Pelluchon¹²⁴:

Ethics is not an isolated discipline, standing aloof from Science, economics, and politics. And neither is it as authority devoted to censure, for it is not the philosopher's role to set up as an authority of any kind, nor to dictate to others what is good or bad in itself on the basis of some personal morality. Ethics is the part of philosophy that allows us to acquire the tools that serve to elucidate actions and assess them critically.

Relembrando as premissas da ética, existem três níveis de julgamento a serem observados na demanda imposta pelas nanotecnologias, quais sejam a) lidar com a relação entre particula-

¹²² JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.

¹²³ PELLUCHON, Corine. Ethics and medicine: philosophical guidelines for a responsible use of nanotechnology. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011.

¹²⁴ PELLUCHON, Corine. Ethics and medicine: philosophical guidelines for a responsible use of nanotechnology. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011. p. 427.

res, envolvendo o particular na gestão do risco; b) lidar com normas, nível deontológico do julgamento ético, que se encontra as ferramentas para aplicar ética (como a ética ambiental, por exemplo); e c) nível teleológico, preocupando-se com o fim da sociedade e escolhas¹²⁵. A partir desta complementação, possível que se enfrente as nanotecnologias e seus riscos de maneira consciente e responsável.

Ademais, a reflexão ética sobre a nanotecnologia, desde seus primeiros momentos, tem enfrentado muitas críticas, inclusive sobre sua pertinência em avaliar este saber-fazer científico. O principal argumento é que a nanotecnologia não apresentaria nada de novo do ponto de vista ético; por isso, o que se apresenta como realmente necessário é um maior investimento em métodos de investigação científica, como toxicologia e estudos de impacto, supostamente capazes de prever e prevenir os principais riscos envolvidos¹²⁶.

Em outro sentido, importante esclarecer que a precaução e limites bioéticos na utilização das nanotecnologias não significam o desestímulo a ela, mas somente um desenvolvimento “(...) de forma sábia e moderada, assumindo um ponto de vista de responsabilidade global”, conforme Jonas reafirma¹²⁷.

Por fim, concluindo com o Princípio responsabilidade de Jonas¹²⁸, cabe destacar a inserção do medo na responsabilidade, o que traz ao homem uma atuação mais consciente, e, por óbvio, responsável:

¹²⁵ PELLUCHON, Corine. Ethics and medicine: philosophical guidelines for a responsible use of nanotechnology. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011.

¹²⁶ PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. A moralidade da nanotecnologia. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹²⁷ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006. p. 307.

¹²⁸ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006. p. 351-352.

Os homens experientes sabem que um dia podem desejar não ter agido desta ou daquela forma. O medo de que falo não se refere a esse tipo de incerteza, ou ele pode estar presente apenas como efeito secundário. Com efeito, é uma das condições da ação responsável não se deixar deter por esse tipo de incerteza, assumindo-se, ao contrário, a responsabilidade pelo desconhecido, dado caráter incerto da esperança; isso é o que chamamos de 'coragem para assumir responsabilidade'. O medo que faz parte da responsabilidade não é aquele que nos aconselha a não agir, mas aquele que convida a agir. Trata-se de um medo que tem a ver com o objeto da responsabilidade (...). A responsabilidade é o cuidado reconhecido com a obrigação em relação a um outro ser, que se torna 'preocupação' quando há uma ameaça à sua vulnerabilidade.

Portanto, dadas as particularidades das nanotecnologias, seu potencial dano futuro à presente e futuras gerações, necessário que se adote medidas precaucionais, respeitando o Princípio da Precaução, aliado ainda à ideia de responsabilidade e ética inerente no contexto de novas tecnologias e risco.

Por fim,

O princípio da precaução deve ser aplicado às nanotecnologias porque a pesquisa científica atual sugere que a exposição a alguns nanomateriais, nano-aparelhos ou produtos derivados da nanobiotecnologia, pode causar sérios danos à saúde ou ao meio ambiente. O tamanho diminuto dos nanomateriais engenheirados pode dotá-los de propriedades físicas, químicas e biológicas inovadoras e úteis; entretanto, a alta reatividade, mobilidade e outras propriedades, que acompanham a matéria em nível molecular, podem gerar de maneira paralela níveis de toxicidade desconhecidos. Pesquisas e estudos recentes, sobre os impactos dos nanomateriais na saúde humana e no meio ambiente, levantaram o alarme que legitima ações precautórias e a execução de mais estudos em profundidade. As regulamentações devem ser rigorosas, precisas, compreensíveis e implementadas antes da comercialização; assim como devem ser consideradas as propriedades exclusivas dos nanomateriais em sua avaliação sobre os riscos. Sendo assim, o potencial de toxicidade dos materiais na nano-escala não pode ser estudado

e prognosticado com relação ao perfil de massa total (bulk) dos compostos, isto é, sem estar em 'nano-forma'¹²⁹.

Desta maneira, inafastável a importância do Princípio da Precaução no contexto da era nanotecnológica, uma vez que as complexidades das nanotecnologias, principalmente se analisado o (potencial) risco frente o descarte inadequado e destinação final descontrolada, a adoção de medidas minimamente precaucionais se faz necessária. Por óbvio que não há consenso sobre sua aplicação nas questões envolvendo risco, vislumbra-se certa fragilidade, mas do ponto de vista acadêmico e como fomento à regulação específica, ele é importantíssimo para construção de mecanismos mínimos de proteção ao meio ambiente e vida humana, como resguardo de potenciais danos, hoje enfrentados meramente como incertezas científicas. Observa-se ainda a convergência de esforços entre a precaução e as bases da bioética, cujas medidas de proteção atuais poderão refletir no futuro, honrando os mandamentos do Princípio responsabilidade de Hans Jonas.

2.3. A Evolução da Teoria do Risco: uma Análise das Dimensões da Incertezas Nanotecnológicas para Aplicação Adequada da Precaução

O contexto de risco fora apresentado ao longo do capítulo inicial, demonstrado em diversas pesquisas sobre nanotecnologias e *nanowaste*. Entretanto, a fim de dar maior substância ao cenário de risco na era nanotecnológica, importante aprofundar-se nas teorias que abarcam este tópico, acompanhando a evolução teórica com o surgimento de novas demandas e ameaças na sociedade, como o desenvolvimento tecnológico.

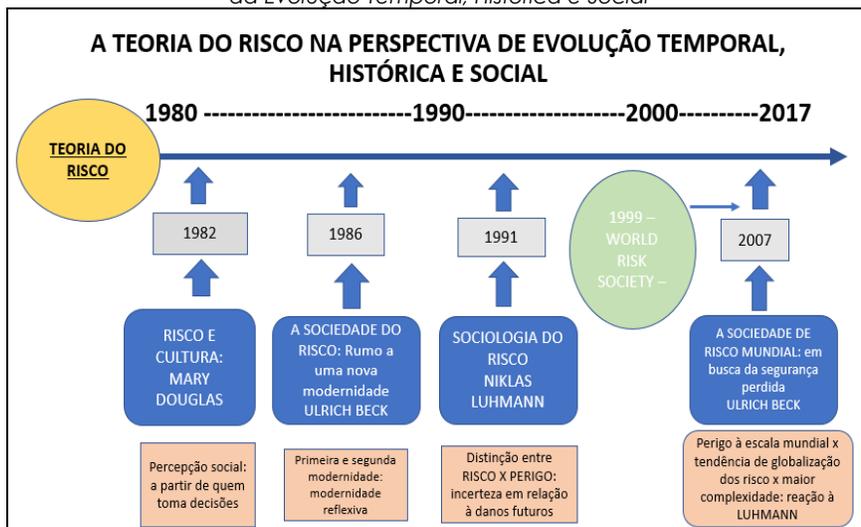
As teorias sobre o risco apresentam análises diversas, expostas em uma evolução temporal, adequando-se ao momento em

¹²⁹ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. p. 4. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

que foi elaborada, o que acaba implicando nas relevâncias sociais e ambientais daquele lapso de tempo. Tendo em vista a época em que publicada sua teoria, apresenta-se uma perspectiva diferente, dando maior ênfase à certas circunstâncias originárias de constatações daquele momento histórico, e com base nos elementos científicos da época, bem como através de sua percepção particular.

Por esta razão, observar-se-á a seguir a linha temporal da Teoria do Risco na perspectiva da evolução temporal, histórica e social, relacionando os principais autores e obras respectivas, conforme a Figura 22:

Figura 22 – Linha Temporal da Teoria do Risco na Perspectiva da Evolução Temporal, Histórica e Social



Fonte: Elaborado pelos autores.

A primeira obra da linha temporal, *Risco e Cultura*, de Douglas e Wildavsky¹³⁰, realizada há mais de 30 anos atrás, já demonstrava uma crescente dúvida e preocupação em relação às novas tecnologias e seu impacto. Constata-se uma teoria cultural do ris-

¹³⁰ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

co, a qual sustenta que diferentes grupos, tendo de um lado instituições hierárquicas e do governo (que ocupam o centro), "(...) predispostas a aceitar o risco como condição de progresso (...)"¹³¹; em contrapartida, "(...) os grupos de ambientalistas e opositores da energia nuclear (por exemplo) tendem a ser extremamente avessos ao risco, inclinados a ver o desenvolvimento material como uma ameaça global"¹³².

Nesta obra percebe-se a inclinação dada à percepção cultural do risco, questionando as notícias e informações recebidas sobre o risco, de maneira que se apresentasse como uma seleção do que seria risco ou não, tendo origem então na avaliação de determinada autoridade incumbida desta função, definir riscos, potencializações através da mídia, de empresas ou do governo. Duvida-se da relação de confiança entre governo, e demais instituições¹³³.

Em sua doutrina, duvidar é sempre um *exercício saudável*, é necessário, principalmente diante de descobertas incompletas ou evidências científicas parciais. Ressalta-se ainda que o risco à saúde e ao meio ambiente são questões que não podem ser perfeitamente definidas e mensuradas por cientistas, *avaliadores de risco* ou agências reguladoras, por citar apenas os fatos físicos. A razão é o fato de o risco ser, em parte, um constructo social ou político. Ademais, implícitos nas decisões sobre quais riscos são mais importantes e quais são aceitáveis, estão os valores e julgamentos sobre como a sociedade ideal deveria ser. Chega a discutir em capítulo da doutrina que o risco seria escolhido, sendo por fim, o risco um constructo coletivo baseado na percepção cultural¹³⁴.

¹³¹ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 4.

¹³² DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 4.

¹³³ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

¹³⁴ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Claro, essa percepção se enquadraria, por exemplo, numa análise mais econômica da sociedade, de maneira que os *tomadores de decisão* poderiam optar entre certos riscos em detrimento de outros, a fim de justificar o movimento do consumo e comércio, até mesmo nas mais altas tecnologias.

Luhmann¹³⁵, em passagem de sua obra *Sociología del riesgo*, discorre sobre o entendimento de Douglas e Wildavsky¹³⁶:

Tanto los antropólogos culturales como los antropólogos sociales, así como los politólogos, han señalado – indudablemente con razón – que la evaluación del riesgo y la disposición a aceptarlo no es sólo un problema psíquico sino, sobre todo, un problema social. Uno se comporta tal como lo esperan los grupos de referencia relevantes, o tal como uno ha sido socializado (sea de acuerdo con la opinión comúnmente aceptada o contra ella).¹³⁷

Explorando um pouco esta percepção *cultural* do risco, entende-se que ela depende de uma série de fatores, como características gerais de um risco; atributos sócios demográficos e tradições culturais; o conhecimento técnico e de raciocínio, baseado no senso comum; a experiência pessoal, disposição psicológica e do contexto percebido, associado a eventos de risco (comunicação, gestão e controle) e a Comunicação social¹³⁸.

Como uma área científica emergente, as nanotecnologias possuem algumas características (por exemplo: a incerteza, a falta de familiaridade por parte do grande público, ser produzida

¹³⁵ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹³⁶ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

¹³⁷ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 46.

¹³⁸ ANDRADE, Luís Renato Balbão. **Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

pelo homem ou não ser *natural*, desconhecimento sobre a exposição, possibilidade de danos irreversíveis) todas elas reconhecidas como possíveis de gerar medo e desconfiança que podem alimentar conflitos e percepções falhas¹³⁹. Portanto, existe uma certa relação entre este viés do risco com a era nanotecnológica. Mas como o apego desta investigação é sobre o potencial dano das nanos à saúde e vida humana, lida-se com pesquisas científicas que demonstram o risco, de modo que esta doutrina não abarca a análise do risco completamente, evitando-se assim a adoção do viés cultural.

Partindo para o entendimento de Beck¹⁴⁰, na sua obra de 1986, *Sociedade de risco*, apresenta uma teoria baseada em distinções da modernidade, num momento pós-industrial descrevendo uma modernidade reflexiva (também denominada pelo autor como segunda modernidade) que seria a fase de radicalização dos princípios da modernidade. Enquanto a primeira modernidade caracterizou-se pela confiança no progresso e controlabilidade do desenvolvimento científico-tecnológico, pela procura de pleno emprego e pelo controle da natureza, a modernidade reflexiva é uma fase na qual o desenvolvimento da ciência e da técnica não pode dar conta da predição e controle dos riscos que ele contribuirá para criar¹⁴¹.

Fundamentada no desenvolvimento da sociedade industrial, analisando uma nova sociedade, imbuída em risco inerente às transformações sociais ocorridas àquela época, dadas as catástrofes históricas, como guerras mundiais, *Chernobyl*, ameaças nucleares. Busca explicar a avaliação de *perigos*, onde todos dependem de instrumentos de medição e teorias, bem como en-

¹³⁹ ANDRADE, Luís Renato Balbão. **Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹⁴⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁴¹ GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 16, abr. 2001. Disponível em: <<https://revistaesa.com>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

tender sobre o próprio *desconhecimento*. Verificava-se a oposição entre a sociedade e natureza, com o propósito de controlar e ignorar a natureza¹⁴².

Posteriormente, a lição de 1986 foi revisada com a publicação do *World Risk Society*¹⁴³, em 1999, apresentando novos cenários, avaliando de outra forma a percepção do risco, que poderia de certa forma complementar a perspectiva de Douglas e Wildavsky¹⁴⁴. Ou seja, a confluência entre a perspectiva realista e a construtivista (de Douglas e Wildavsky) estaria no cerne da teoria da sociedade global de riscos¹⁴⁵. Da posição realista, Beck¹⁴⁶ resgata o reconhecimento de que o conhecimento científico pode identificar e demonstrar que as consequências e os perigos da produção industrial desenvolvida seriam agora globais, exigindo políticas a serem formuladas por instituições transnacionais. Mas a perspectiva construtivista seria chave para respostas às questões acerca de como, por exemplo se produz a autoevidência segundo a qual os riscos são reais, e sobre quais atores, instituições, estratégias e recursos são decisivos para sua fabricação. Isto é, os riscos existem e não são meramente uma construção social, mas a sua transformação depende de como são percebidos socialmente¹⁴⁷.

Em que pese os possíveis benefícios trazidos por esta nova escala de produção, incorremos em sérios riscos sobre seus efeitos no meio ambiente, inserindo-se assim no conceito da *Sociedade*

¹⁴² BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁴³ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

¹⁴⁴ DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

¹⁴⁵ GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 16, abr. 2001. Disponível em: <<https://revistaesa.com>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

¹⁴⁶ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁴⁷ GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 16, abr. 2001. Disponível em: <<https://revistaesa.com>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

de Risco, de Beck¹⁴⁸. Em virtude de tal preocupação, é que a disseminação do debate sobre as *nanos* vem desenvolvendo-se cada vez mais em nível global. Em relação este aspecto, traz-se a relevante teoria desenvolvida pelo ilustre alemão acima citado, da Sociedade de Risco, o qual já no início de sua obra *Un Mondo a Rischio*, questiona o que existiria em comum nos eventos tão diversos como o desastre de *Chernobyl*, as perturbações climáticas, o debate sobre a manipulação genética, a crise financeira de países asiáticos e ameaça atual de ataques terroristas. De pronto, revela que qualquer discrepância entre linguagem e realidade é o que ele chama de *sociedade mundial de risco*¹⁴⁹.

Ademais, defende Beck¹⁵⁰ que o mundo de incerteza não quantificáveis, criados por nós mesmos, pode-se expandir muito, seguindo o ritmo do desenvolvimento tecnológico, inclusive referindo as nanotecnologias neste contexto. Afirma por fim que as decisões tomadas no passado, como por exemplo, quanto à energia nuclear e as atuais, tecnologia da informação, como sobre a engenharia e exploração de engenharia genética, nanotecnologia e assim por diante, são um despertar para consequências imprevisíveis, incontroláveis e mesmo incomunicável, que ameaçam a vida em nosso planeta.

A última obra de Beck¹⁵¹, de 2007, *A Sociedade de Risco Mundial: em Busca da Segurança Perdida*, retoma as discussões acerca da nova complexidade apresentada na sociedade, desta vez numa percepção globalizada de riscos, dadas as tecnologias, fomentado pelas diversas publicações mais recentes de especia-

¹⁴⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁴⁹ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

¹⁵⁰ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

¹⁵¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

listas. Contudo, a obra que mais lhe instigou a elaborar a nova obra foi a *Sociologia do Risco*, de Luhmann¹⁵².

Avança o debate nas alterações climáticas, ainda observando a percepção do risco através do processo de modernização à decisão, insegurança e probabilidade, e ainda ressalta a semântica do risco em respeito a *perigos* futuros tematizados no presente, onde a “(...) semântica do risco diz respeito a perigos futuros tematizados no presente”¹⁵³, apresentando-se na oportunidade e perigo.

Chega a afirmar que a dramatização do risco, onde verdades relativas dominam o mesmo, afetaria sobremaneira as ciências naturais, e cita as nanotecnologias, que o futuro ainda inexistente, ameaçaria restringir a liberdade de investigação¹⁵⁴. Comenta ainda a possibilidade de cálculo de risco, unindo diversas ciências e técnicas, como se fosse previsível, o que novamente, poderia parecer uma confusão entre perigo.

Levando em consideração tamanha importância das lições de Beck¹⁵⁵ e Luhmann¹⁵⁶, Ost¹⁵⁷ – em seu livro *O Tempo do Direito* – ressalta tais obras, bem como explica três fases do risco na história, onde a primeira fase trata-se do risco como o acontecimento inesperado, exterior e imprevisível, faz parte do destino e é individual, mencionando a previdência; “(...) a segunda fase da história

¹⁵² Informação contida no prefácio. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

¹⁵³ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Posição 162. Documento disponível para Kindle.

¹⁵⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial**: em busca da segurança perdida. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

¹⁵⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁵⁶ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁵⁷ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

do risco vê a emergência da noção da prevenção”¹⁵⁸, numa atitude coletiva, racional, destinando-se a reduzir a probabilidade de ocorrência e gravidade do risco, e por fim, a terceira fase, a qual abarcaria o cenário atual da sociedade:

Hoje, contudo, esse sonho parece afastar-se e entramos numa terceira fase da história do risco – a do risco enorme (catastrófico), irreversível, pouco ou nada previsível, que frustra as nossas capacidades de prevenção e de domínio, trazendo desta vez a incerteza no coração dos nossos saberes e dos nossos poderes. É essa secundaridade, essa incerteza ao quadrado que afecta de forma reflexa a nossa própria acção, que caracteriza a nova era do risco, submetendo a nossa apreensão do futuro a um desafio sem precedentes. Luhmann e Beck, dois teóricos da sociedade do risco, convergem nesse ponto: enquanto o perigo vem de alguma forma do exterior, o risco é um produto derivado, um efeito perverso ou secundário (na acepção dos efeitos secundários indesejáveis dos medicamentos) das nossas próprias acções.¹⁵⁹

Sob outro prisma, Ost¹⁶⁰ ainda defende a simultaneidade global e transgeracional dos riscos, devendo o conhecimento científico definir o aceitável ou não, e de uma incerteza reflexiva, oriunda das opções tecnológicas, modelos científicos e juízos normativos:

Por outro lado, sendo esses riscos simultaneamente globais, transgeracionais, fora das normas (enormes), e por hipótese pouco ou não conhecidos, a sua definição é ela própria largamente função do estado dos nossos conhecimentos científicos, bem como de uma determinação, político-ética desta vez, do limiar daquilo que consideramos como risco aceitável e inaceitável. Este risco é pois duplamente reflexivo: produto das nossas opções tecnológicas, é também fruto dos nossos modelos científicos e dos nossos juízos normativos. Esta situação de incerteza reflexiva – sendo que a ameaça

¹⁵⁸ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 344.

¹⁵⁹ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 345.

¹⁶⁰ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

vem menos da natureza do que da nossa própria acção – reforça a necessidade de praticar a revisão, discutida na secção anterior, com base na epistemologia da incerteza e na política da indeterminação.¹⁶¹

Possível assim atrelar a posição de Ost¹⁶² e o cenário do risco das nanotecnologias, tendo em vista que as decisões atualmente tomadas se inserem nas incertezas reflexivas, pois a ameaça vem das nanotecnologias engenheiradas (e não de ação da natureza), são ações baseadas na opção por determinada tecnologia, num modelo pelos gestores tomado como aceitável.

Por fim, traz-se à tona Luhmann¹⁶³, que mesmo temporalmente anterior à última lição de Beck¹⁶⁴, parece trazer uma visão mais clara do risco, realizando uma distinção entre então o risco e perigo, o que para as nanotecnologias poderia ser mais apropriado.

Em sua obra *Sociología del Riesgo*, observa-se primeiramente a constatação de equívoco das discussões normais do risco:

Adicionalmente a las discusiones normales sobre cálculo, percepción, evaluación y aceptación de riesgos aparece ahora el problema de la selección de riesgos para ser o no considerados. Y nuevamente la investigación disciplinaria específica puede descubrir que no se trata aquí de una causalidad: existen determinados factores sociales que guían el proceso de selección.¹⁶⁵

Na sequência de sua formulação, introduz sobre os danos futuros, face as incertezas existentes, mas que os atos decisórios do presente refletirão no futuro. Ademais, importante para sua conceituação de risco que o dano potencial é algo de contin-

¹⁶¹ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 345.

¹⁶² OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

¹⁶³ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁶⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

¹⁶⁵ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 46.

gente, sendo possíveis observação com diferentes perspectivas, sobre se ou não tomada uma decisão com a plena aceitação de risco:

Por una parte, pueden o no ocurrir danos en el futuro. Considerado desde el presente, el futuro se presenta como algo incierto, mientras que es un hecho ahora que los futuros presentes serán determinados de manera deseable o indeseable. Lo único que sucede es que no puede saberse en este momento todavía cómo. Podemos, sin embargo, saber ahora que nosotros mismos u otros observadores sabrán en el futuro presente cuál es el caso y que juzgarán sobre éste de otro modo a como lo hacemos en el presente, aunque posiblemente no de manera unánime. Por otra parte, y además, lo que en un futuro pueda suceder depende de la decisión que se tome en el presente. Pues, en efecto, hablamos de riesgo únicamente cuando ha de tomarse una decisión sin la cual podría ocurrir un daño. El hecho de que quien tome la decisión perciba el riesgo como consecuencia de su decisión o de que sean otros los que se lo atribuyen no es algo esencial al concepto (aunque sí se trata de una cuestión de definición). Tampoco importa en qué momento ocurre el daño, es decir, en el momento de la decisión o después. Lo importante para el concepto, tal y como aquí lo proponemos, es exclusivamente que el posible daño sea algo contingente; esto es, evitable. Y también en relación a este punto son posibles diferentes perspectivas de observación, cada una con diferentes opiniones acerca de si ha de tomarse o no una decisión con la plena aceptación del riesgo.¹⁶⁶

Para Luhmann¹⁶⁷, a distinção entre risco e perigo significa que existe uma incerteza em relação a danos futuros. Pode-se considerar que o potencial é uma consequência da decisão, e, então falamos de risco e, mais precisamente, do risco da decisão. Ou bem se entende que o potencial dano é causado externamente, ou seja, é atribuído ao meio ambiente, e, neste caso, falamos de perigo. Deste modo, o risco está associado à decisão,

¹⁶⁶ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 59-60.

¹⁶⁷ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

expectativa, probabilidade de coisas que ocorrerão no futuro, é uma comunicação voltada ao futuro.

Con el objeto de poder hacer justicia a ambos niveles de la observación, daremos otra forma al concepto de riesgo. Nos serviremos, más concretamente, de la distinción entre riesgo y peligro. Esta distinción supone (y así se diferencia precisamente de otras distinciones) que hay una incertidumbre en relación a daños futuros. Se presentan entonces dos posibilidades. Puede considerarse que el posible daño es una consecuencia de la decisión, y entonces hablamos de riesgo y, más precisamente, del riesgo de la decisión. O bien se juzga que el posible daño es provocado externamente, es decir, se le atribuye al medio ambiente; y en este caso, hablamos de peligro.¹⁶⁸

Já perigo é a perspectiva da vítima, de quem não tinha o poder de decisão (de quem recebe a carga de risco sem decidir sobre aquilo). Menciona ainda que acredita que os riscos são atribuídos às decisões, enquanto que os perigos estão sujeitos à atribuição externa e que quando se trata de perigo, a sociedade é exposta a um problema que não foi causado pela pessoa que recebe o dano¹⁶⁹.

Segundo Luhmann¹⁷⁰:

(...) la distinción entre riesgo y peligro se haga depender de atribuciones no significa de ninguna manera que queda al arbitrio del observador classificar algo como riesgo o como peligro. Ya hemos mencionado algunos casos limites, sobre todo el de que no hay al presente ningún criterio reconcablo para una decisión diferenciable o, por lo menos, no hay criterios que tengan que ver con una probabilidad diversa de ventajas y posibles daños.

Mas adiante, aduz:

¹⁶⁸ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 65.

¹⁶⁹ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁷⁰ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 71-72.

(...) solamente podemos hablar de una atribución a decisiones cuando es posible imaginar una elección entre alternativas y esa elección se presenta como algo razonable, independiente de que quien tome la decisión se percate o no del riesgo y de la alternativa.¹⁷¹

É uma tomada de decisão o que define se a situação representa risco ou perigo, ou seja, toda decisão gera algum tipo de risco, em menor ou maior grau, bem como todas as demais adversidades que ocorrem e que não são oriundos de uma tomada de decisão são considerados perigo. O risco sempre decorre de uma tomada de decisão e o perigo decorre das perspectivas do agente passivo, ou seja, de alguém que não faz nada para que aquilo aconteça, que não tem ação, do ambiente e não há forma de evitar¹⁷².

Debatendo sobre o risco, Carvalho¹⁷³ afirma, em outras palavras,

O sentido do risco como oposição à noção de segurança (risco/segurança) é suplantando a partir da consciência de que na sociedade nenhuma ação é precisamente segura. Por essa razão, o sentido atribuído ao risco decorre de sua distinção da noção de perigo (risco/perigo). O risco consiste nas consequências indesejadas e danos futuros decorrentes dos processos de tomada de decisão (de um determinado sistema), havendo certa possibilidade de controle, e vincula-se às decisões tomadas no presente, consistindo-se na face construtiva da distinção risco/perigo, pela sua maior suscetibilidade ao controle pelas decisões, a partir da constatação de que as decisões vinculam o tempo, ainda que não se possa conhecer suficientemente o futuro, nem mesmo o futuro produzido pelas próprias decisões do sistema. A comunicação do risco consiste exatamente nas incertezas a respeito do futuro decorrentes das decisões tomadas no pre-

¹⁷¹ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappé, Brunhilde Erker e Luís Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 72.

¹⁷² LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappé, Brunhilde Erker e Luís Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁷³ CARVALHO, Déilton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. 2. ed. rev., atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 62-63.

sente. Em síntese, o risco consiste na descrição das frustrações pelo próprio agente. Como exemplos de situações de risco, temos a utilização da energia nuclear, a biotecnologia entre outros processos marcadamente inerentes à industrialização e ao desenvolvimento tecnológico ocorrido no último século. Já o perigo detém o sentido de descrever situações em que as consequências indesejadas são provenientes do ambiente (externas ao sistema observador). Trata-se da perspectiva da vítima. Em outras palavras, a noção atribuída às situações de perigo parte da perspectiva externa ao sistema observador, sendo-lhe mais escasso, o acesso aos conhecimentos que permitiriam o controle das consequências futuras prejudiciais. As catástrofes naturais, bem como os fenômenos meteorológicos consistem em exemplos, uma vez que as consequências decorrem de eventos exteriores à sociedade. Em que pese a diferença entre o risco e o perigo cingir-se ao ponto de observação (interno ao sistema, no caso do risco, e externo, no do perigo), tem-se que o que é perigo para um observador (vítima) é risco para outro (agente). A partir desta constatação feita por Niklas Luhmann, com o maior controle do homem sobre as condições da vida apresenta-se uma crescente transformação de perigos em riscos.

Portanto, através de uma análise entre todas as teorias que estudam o risco, verificaram-se diversas percepções quanto ao risco, de maneira que a formulação que mais adapta às nanotecnologias é a de Luhmann¹⁷⁴, pois bem difere perigo e risco, e introduz a noção de dano futuro.

Não se pretende nesta investigação exaurir o risco, até mesmo porque dada a complexidade das nanotecnologias, esta incerteza sempre estará presente. Da mesma forma, as tecnologias que se desenvolverão depois das nanos, também tratarão do risco da mesma maneira. A complexidade traz a incerteza. O risco relaciona-se ao desconhecimento dos efeitos futuros na vida humana e meio ambiente. Portanto, a alternativa é manejar esta condição, lidar com o risco (e não tentar extirpá-lo) de maneira a tentar minimizar possíveis danos futuros.

¹⁷⁴ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

O paradigma da certeza já se tornou uma ficção, o que nos resta é aceitar e trabalhar com as probabilidades diante do risco. A nossa tendência é a busca de uma certeza. Entretanto, o risco balança as estruturas dessa sólida e inquestionável certeza. O direito tem como uma de suas tarefas, gerenciar o risco. Essa função de *gerenciador de riscos* é notória no campo do uso de tecnologia nano na saúde, já que o direito sanitário tem a pretensão de gerir os riscos dentro da saúde¹⁷⁵.

Morin¹⁷⁶ esclarece sobre a ligação entre conhecer, pensar e dialogar com a incerteza, afirmando que "(...) conhecer e pensar não é chegar a uma verdade absolutamente certa, mas dialogar com a incerteza".

Ao passo que perpassada a questão da análise das teorias acerca do risco, adotando a diferenciação entre perigo e risco em si, mais se entende viável a utilização do Princípio da Precaução, como mais um vetor para impulsionar a autorregulação, conforme defendido no tópico anterior.

Para que seja efetuado esse fomento através da precaução, de maneira mais responsável, necessário adotar a proporção exata da cautela, a qual somente poderá ser feita a partir do entendimento das dimensões da incerteza. A partir desta diferenciação, possibilita-se conhecer as graduações inerentes à incerteza. É o que se passará a expor, uma vez que dimensões de incerteza e risco estão intrinsecamente ligados.

Quando se fala em nanotecnologias, essa modulação das incertezas torna-se ainda mais complexa, pois como é uma tecnologia com empregos dos mais diversos conjuntos de ações (e por isto mais apropriado utilizar-se no plural), desenvolvendo diferentes processos e sistemas com a utilização em dimensões manométricas, cada uma delas deve ter sua especificidade, não havendo

¹⁷⁵ KÖLLING, Gabrielle; PAULALEITE, Thiago de. Nanotecnologia e riscos sanitários. In: GONÇALVES, Rubén Miranda; VEIGA, Fábio da Silva (Dir.); MAGALHÃES, Maria Manuela (Coord.). **Derecho, gobernanza e innovación: dilemas jurídicos de la contemporaneidad en perspectiva transdisciplinar**. Porto: Ed. Universidade Portucalense, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.uportu.pt>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

¹⁷⁶ MORIN, Edgar. **Cabeça bem-feita**. Tradução Eloá Jacobina. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 59.

maneira de coloca-las no mesmo patamar. Em consequência, a aplicação da precaução também poderá ser diversa.

Portanto, ao abordar as dimensões da incerteza científica na ponderação dos riscos, conforme lição de Carvalho¹⁷⁷, vislumbrar-se-á a existência de uma terminologia fundada nas diversas dimensões existentes na intensidade da incerteza científica, interna ao conceito de risco (sentido amplo), formando uma heurística diferenciação conceitual entre risco, incerteza, ambiguidade e ignorância. O que obviamente auxiliará na aplicação das cautelas necessárias para a gestão do risco, neste caso, na tentativa de atingir as novas demandas nanotecnológicas.

A partir da exploração das dimensões, mais clara fica a diferenciação entre as incertezas, consoante Carvalho¹⁷⁸:

O sentido estrito do termo *incerteza*, por sua vez, se aplica a uma condição em que há confiança na integridade e plenitude de um conjunto definido de *efeitos*, porém não há base teórica ou empírica válida para atribuir *probabilidades* com confiança para tais resultados. Assim, em comum, risco e incerteza apresentam a capacidade descritiva dos efeitos bem definida, porém a *incerteza* (ao contrário do risco) não apresenta um diagnóstico digno de credibilidade e confiança para atribuição de probabilidades causais. Lembre-se, portanto, que a incerteza não se confunde com a completa ignorância. [grifo do autor]

¹⁷⁷ CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014.

¹⁷⁸ CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 69.

Completando as diferenciações entre as modulações, apresenta as características da ambiguidade e ignorância:

A ambiguidade, ao seu turno, se trata de condições em que mesmo havendo bases para sustentar a descrição das probabilidades de algum tipo de impacto, há uma indefinição dos efeitos (efeitos definidos de forma precária) (...). Quando a ambiguidade dos efeitos encontra os problemas inerentes à incertezas (das probabilidades), ultrapassando o âmbito da avaliação, enfrenta-se a condição formalmente tida como ignorância. Tratam-se de situações de incógnitas desconhecidas (*unknown unknowns*), em que não se sabe o que não se sabe. Num sentido conceitual, a ignorância consiste em circunstâncias em que não apenas não há base para atribuir probabilidades (como é o caso da incerteza), mas em que a definição bem acabada de um conjunto de efeitos também é problemática. O reconhecimento da ignorância nada mais é do que o reconhecimento da possibilidade da surpresa, caso em que não só é impossível classificar definitivamente as diferentes opções, como é profundamente difícil sequer sua caracterização. [grifo do autor]¹⁷⁹

Sob condições de ambiguidade, não são conhecimentos de probabilidades, mas das possibilidades em si, e aqui reside a problemática. Isto pode aplicar-se quando os resultados são pensados para ser certo – ou mesmo já ocorreram. Aqui, surgem ainda ambiguidades na caracterização dos resultados e na interpretação de seus significados normativos: por exemplo, na seleção, divisão, delimitação, medição ou priorização, diferentes possibilidades¹⁸⁰.

¹⁷⁹ CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 69-70.

¹⁸⁰ STIRLING, Andrew. Risk, uncertainty and power. **Seminar Magazine**, New Delhi, n. 597, 2009. Disponível em: <<http://www.india-seminar.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

A ignorância seria o desconhecimento acerca de qualquer dado conclusivo. Assim, ela tem lugar no momento anterior ao desvelamento de indicativos conclusivos, e em certos momentos da história, estes se tornaram surpresas, pelo desconhecimento anterior. Estes são exemplos em que o cerne do problema estava na antecipação das próprias possibilidades, e não tanto na determinação de probabilidades¹⁸¹.

Somente diante da adequada diferenciação das dimensões da incerteza, será viável inserir as nanos em um parâmetro adequado, o qual indicará em qual proporção deverá o Princípio da Precaução ser aplicado. Atenta-se ainda para o fato de que possivelmente a grande parte das nanotecnologias terem a tendência de inserir-se na condição de ignorância, pois sequer obtém-se conhecimento acerca das reais possibilidades de seus reflexos na vida humana, e ainda no meio ambiente.

Aqui estão algumas das dificuldades mais profundas nas abordagens regulatórias convencionais discutidas, na medida em que se reconhece que nem as probabilidades nem os resultados podem ser definitivamente caracterizados. Há o elemento da surpresa. Ignorância difere da incerteza, que se concentra em parâmetros acordados conhecidos como carcinogenicidade ou dano de inundação. Difere da ambiguidade em que os parâmetros não são apenas contestáveis, sub-caracterizados ou indeterminados em sua importância relativa, mas são ilimitados ou pelo menos parcialmente desconhecidos. Algumas das questões ambientais mais importantes de nosso tempo envolveram desafios que foram – no início – desse tipo¹⁸².

Neste contexto é que as decisões a serem tomadas não podem utilizar-se de uma rasa discussão sobre ser a favor ou contra o desenvolvimento de determinada tecnologia. Mas sim realizar os questio-

¹⁸¹ CARVALHO, Déltton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica:** deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

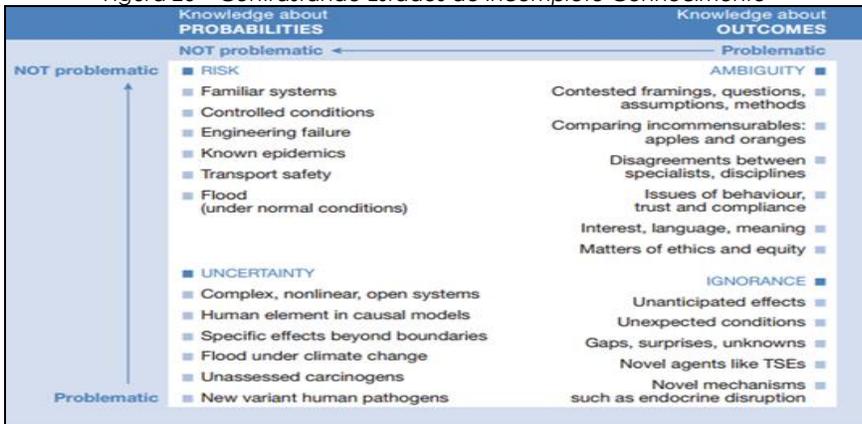
¹⁸² STIRLING, Andrew. Risk, uncertainty and power. **Seminar Magazine**, New Delhi, n. 597, 2009. Disponível em: <<http://www.india-seminar.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

namentos corretos, a fim de sopesar os direitos e bens em jogo, o que possibilita uma decisão mais razoável¹⁸³. É o que atenta Stirling¹⁸⁴:

O principal desafio não é a disputa entre posições gerais 'pró' e 'anti' em uma única faixa 'raça' para progredir uma ciência e tecnologia indiferenciada e pré-determinada. Só então, seria apenas sobre: até onde'; 'quão rápido'; 'Quem dirige', 'o que realmente está em jogo', 'quais são as futuras direções para a ciência, tecnologia, pesquisa e inovação – e para os nossos múltiplos conhecimentos'. 'Quem diz' e 'por quê'. [tradução nossa]

De forma mais ilustrativa, acompanha-se a Figura 23 o esquema de Stirling¹⁸⁵, onde demonstra os diferentes graus de incerteza e suas problemáticas:

Figura 23 – Contrastando Estados de Incompleto Conhecimento



Fonte: Stirling¹⁸⁶.

¹⁸³ STIRLING, Andrew. Risk, uncertainty and power. **Seminar Magazine**, New Delhi, n. 597, 2009. Disponível em: <<http://www.india-seminar.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

¹⁸⁴ STIRLING, Andrew. Risk, uncertainty and power. **Seminar Magazine**, New Delhi, n. 597, 2009. Disponível em: <<http://www.india-seminar.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

¹⁸⁵ STIRLING, Andrew. Risk, precaution and science: towards a more constructive policy debate. **EMBO Reports**, Oxford, v. 8, n. 4, Apr. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹⁸⁶ STIRLING, Andrew. Risk, precaution and science: towards a more constructive policy debate. **EMBO Reports**, Oxford, v. 8, n. 4, p. 310, Apr. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

Portanto, demonstra-se a importância desta distinção, pois justamente através destas graduações obtém-se parâmetros para tomar medidas acautelatórias, nas suas devidas proporções e intensidades. Neste mesmo sentido, delimita-se a aplicação da prevenção ou precaução, consoante lição de Carvalho¹⁸⁷:

A relevância das graduações de menor ou maior incerteza consiste exatamente no fato de que estas devem servir de parâmetro para justificar a intensidade das medidas preventivas a serem adotadas em casos de riscos ambientais. Também, é a distinção entre a intensidade da incerteza que marca a possibilidade do magistrado, do fiscal administrativo ou mesmo do gestor público, em lançar mão dos princípios da prevenção ou da precaução, segundos os elementos constituintes da prova existente no caso em concreto.

Quando se fala em nanotecnologias, encontra-se grande complexidade, desde sua própria definição, dado a inexistência de consenso sobre elas, até o grau da dimensão de incerteza em que elas se enquadram. Deve-se atentar para cada tipo de nanotecnologia aplicada, para então averiguar a diferença de graduação. Entretanto, ante o cenário que se apresentou no presente artigo, o que causa preocupação é que a maioria das nanotecnologias e seus produtos podem estar inseridos na dimensão da ignorância, conforme acima explanado.

Desta forma, maior a proporção de precaução a tomar em seu desenvolvimento. Isto ainda fomenta a urgente regulação desta nova tecnologia, a fim de preservar a saúde humana e do meio ambiente.

Caso as nanotecnologias venham mesmo a se adequar na ignorância, em grande parte dos casos, demonstra-se a necessidade de se combater o desconhecimento, via de regra constituído por vulnerabilidade tecnológica ou informacional, a partir de estímulos a

¹⁸⁷ CARVALHO, Déltion Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 70.

fluxos de informação acerca dos riscos envolvidos, a fim de iniciar um processo de produção de informações. Ademais, o uso de monitoramento, somente como exemplo, poderia se mostrar um instrumento adequado mediante produção sistemática de controles documentados e supervisionados por órgãos competentes. A pesquisa científica *ex ante* apresenta-se em destaque em razão do desconhecimento inerente aos casos de ignorância¹⁸⁸.

Por fim, com esta análise das dimensões da incerteza, buscando identificar em qual delas as nanotecnologias se inseririam, mais precisa seria a aplicação da precaução, adotando a medida de cautela respectiva. Ao invés de objetivar a determinação de quanto risco é aceitável para um nanomaterial específico, o novo enfoque permitiria usar a ciência e a política para identificar nanotecnologias alternativas e oportunidades para a redução do risco e a inovação¹⁸⁹.

O enquadramento das nanotecnologias dentro das dimensões de incertezas científicas fica em aberto, pois cada tipo de nanotecnologia apresenta determinadas características, e cada estudo específico localiza (ou não) determinado grau de risco. Assim, a partir da compreensão das modulações, possível adotar determinado grau de precaução. Ademais, aliada à precaução, encontra-se as bases da bioética e ética, que nesta conjuntura precisam ser respeitadas, observando ainda o Princípio responsabilidade, de Jonas. Nesta intersecção que a precaução, risco e autorregulação se encontram, perfazendo uma gestão de risco mais adequada aos resíduos nanotecnológicos, com respeito aos limites mínimos éticos e preservando a segurança ambiental e humana das futuras gerações, em nome deste comprometimento responsável.

¹⁸⁸ CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

¹⁸⁹ ANDRADE, Luís Renato Balbão. **Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

Seguindo a proposta desta pesquisa, analisados os aportes mais teóricos da evolução do risco e dimensões da incerteza, avança-se para o próximo questionamento: de que modo esta discussão sobre as nanotecnologias vem ocorrendo na conjuntura estatal brasileira? Encontra-se lei específica? E qual o papel das agências regulatórias nacionais na discussão? O esforço estatal é suficiente? São inquietações que se propõe responder a seguir, analisando o movimento regulatório brasileiro, interligando-se ainda com o cenário internacional.

2.4. A Ausência de Regulação(?): a Conjuntura Nacional e o Movimento Inicial Regulatório

A nanociência e a nanotecnologia (N&N), o estudo e a aplicação dessa tecnologia, respectivamente, ganham espaço no cenário brasileiro a partir dos anos 2000, quando ocorreram as primeiras iniciativas de reunir pesquisadores que já atuavam ou que tinham interesse na área¹⁹⁰. No entanto, a discussão da regulação, na ótica jurídica, ainda é recente, incipiente e disciplinar.

Em virtude da crescente demanda de produção em escala nano, verifica-se que os pesquisadores e autoridades nacionais iniciaram um processo de conscientização e de pesquisa sobre tal nova tecnologia.

Destaca-se ainda que o Brasil, desde o ano de 2010 consta em 13º lugar no ranking dos países que têm prioridade para depósito de patentes relacionadas à nanotecnologia. Desde o ano de 2008, ocupa essa mesma posição entre aqueles com preferência para depósito de patentes relacionadas à nanobiotecnologia¹⁹¹. Conforme apresentado no ponto 2.3, onde fora apresentado a parte estatística do crescimento das nanos, principalmente sobre patentes e registros, a evolução é consistente, rápida e urge que o Brasil fomente ainda

¹⁹⁰ FERNANDES, Maria Fernanda Marques; FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, 2008. Disponível em: <<http://quimicanova.sbg.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

¹⁹¹ NUNES, João Pimentel. **Pedidos de patente sobre nanotecnologia**: publicados no 1º semestre de 2010. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), 2010. (Alerta Tecnológico, n. 29). Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2017.

mais a regulação, tendo em vista esse crescimento e consumo de nanoproductos no país, que conseqüentemente, gerarão mais resíduos nanotecnológicos sem qualquer tratamento adequado.

Este contexto revela o forte papel da sociedade brasileira, no desenvolvimento de produtos ou processos relacionados à nanotecnologia e à nanobiotecnologia, ou ainda, o interesse das empresas estrangeiras no mercado nacional¹⁹².

Quanto as dificuldades enfrentadas, Engelmann menciona alguns aspectos que entende como entraves e dificuldades para a regulação (sendo a ausência do debate um dos principais tópicos presentes no Brasil): a) falta de harmonização de metodologia científica para aferir os efeitos positivos e negativos das nanotecnologias; b) a existência de um número improvável de nanopartículas já criadas pela ação humana; c) ausência de discussão pública sobre os potenciais efeitos da revolução nanotecnológica (com os consumidores principalmente); e d) indefinição no cenário internacional, mas já com avanços ainda não valorados pelo Brasil e a necessidade de revisar as bases tradicionais de formatação de marcos normativos (informação verbal)¹⁹³. De acordo com o doutrinador¹⁹⁴, em narrativa para a Revista Proteção, alerta que apesar de não existir um marco regulatório, não estamos em um espaço jurídico vazio, onde cada um pode fazer o que bem entender, uma vez que existe um conjunto de normas que pode ser diretamente aplicado às nanotecnologias, que podemos extrair do arcabouço normativo: há uma série de normas internacionais (ISO, NIOSH, OECD) e de agências reguladoras brasileiras como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), bem como o Art. 931 do Novo Código Civil, que aborda a responsabilidade objetiva das

¹⁹² ROSSI-BERGMAN, B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

¹⁹³ Informação repassada pelo Professor Orientador Wilson Engelmann, da Audiência Pública sobre a situação atual das nanotecnologias no país, realizada no Senado Federal em Brasília, DF, no dia 13 de dezembro de 2012.

¹⁹⁴ ENGELMANN apud AUDIÊNCIA pública na Câmara debate nanotecnologia. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, 9 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.protecaocom.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

empresas, além da lei sobre resíduos sólidos, cabendo à Constituição Federal servir de guia na tomada de decisões.

Necessário, portanto, que se faça o aprofundamento da questão da regulação específica no âmbito nacional, com a finalidade de visualizar de que maneira as nanotecnologias vêm sendo debatidas dentro do Brasil, e se o enfrentamento acompanha a discussão e preocupação em nível mundial.

Primeiro cabe referir que o CNPq em conjunto com o MCTI, lançaram em 2011 edital para a formação das primeiras redes sobre nanotoxicologia no Brasil. Tal atitude demonstra o incipiente movimento de ações voltadas às nanos, trazendo para o cenário nacional a preocupação com o risco e necessidade de discussão sobre regulação específica. Até este momento, ainda não havia nenhum fomento específico para o desenvolvimento desta área de pesquisa. No âmbito desse edital foi apresentado o projeto de pesquisa intitulado *Nanotoxicologia Ocupacional e Ambiental: Subsídios Científicos para Estabelecer Marcos Regulatórios e Avaliação de Riscos* [tradução nossa] (MCTI/CNPq processo 552131/2011-3), que já produziu alguns resultados, apontando efeitos tóxicos de algumas nanopartículas investigadas, como 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 momento¹⁹⁵.

No que tange às agências reguladoras, até mesmo no contexto brasileiro existem instituições que apresentam uma dinâmica inicial de estudos sobre as nanos, as quais se apropriam de estudos e protocolos internacionais para buscar marcos regulatórios.

Encontra-se um indicativo de regulação – de maneira mais significativa – e preocupação com as nanotecnologias em pelo menos duas agências brasileiras, a ANVISA, que já inseriu em seu cronograma a possibilidade de regulação e vigilância sobre produtos em nanoescala, bem como a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), que possui uma série de

¹⁹⁵ BRITTO, Roberta Socoowski et al. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60 (OH) 18-22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 114-115, June 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

relatórios que derivam de pesquisas nesta área, e por conseguinte, proporcionam um norte sobre quais medidas adotar face sua preocupação com os (possíveis) impactos ambientais¹⁹⁶.

A ANVISA inseriu na *Agenda Regulatória*, Biênio 2015-2016, publicada no Diário Oficial no dia 30 de abril de 2015 (correspondente ainda à 2ª Agenda do Ciclo Quadrienal (2013-2016) e também à 6ª Agenda publicada pela ANVISA), os assuntos prioritários para a atuação regulatória da agência para o período, sendo composta por 172 subtemas, agrupados em 76 temas e divididos em 15 macrotemas. O tema da nanotecnologia, especificamente relacionada a produtos e processos sujeitos à vigilância sanitária, constou expressamente no tema 74¹⁹⁷. Já a ABDI – atua em frentes que impactam sobre a competitividade das empresas, como marco regulatório e disseminação do uso da nanotecnologia como diferencial. As frentes do projeto são articuladas com a Secretaria de Inovação do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), coordenadora do Conselho de Competitividade de Nanotecnologia, Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do MCTI e INMETRO, além de procurar dar continuidade às ações de nanotecnologia identificadas nas Agendas Tecnológicas Setoriais¹⁹⁸. Suas finalidades relativas aos estudos das nanotecnologias são expressas desta maneira:

O projeto de Nanotecnologia na ABDI esta diretamente ligado a apoiar o desenvolvimento e adequação das normas técnicas e legais para Nanotecnologia no Brasil, a partir de coleta de modelos nacionais e internacionais, além de:

¹⁹⁶ LEAL, Daniele Weber S.; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e meio ambiente: o movimento inicial de marcos regulatórios nacionais em face do contexto de (possibilidade) riscos. In: BIZAWU, Sébastien Kiwonghi; OLIVEIRA, Márcio Luís de (Coord.). **IV Congresso Internacional de Direito Ambiental: constitucionalismo, economia e desenvolvimento sustentável**. Organização Escola Superior Dom Helder. Belo Horizonte: ESDH, 2017. Disponível em: <<https://www.conpedi.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

¹⁹⁷ AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Agenda regulatória: ciclo quadrienal 2013-2016: biênio 2015-2016**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

¹⁹⁸ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Ações ABDI: frentes de trabalho**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

- Aumentar a utilização da Nanotecnologia em produtos feitos no Brasil.
- Difusão de informações sobre a nanotecnologia para a indústria.
- Apoio às ações de nanotecnologia identificadas nas agendas tecnológicas setoriais e nas agendas de ação dos conselhos de competitividade do Plano Brasil Maior.
- Subsidiar com informações confiáveis o debate sobre o marco legal e regulatório para uso da nanotecnologia em produtos no país. Usar a nanotecnologia para impulsionar a inovação em setores estratégicos da economia brasileira.¹⁹⁹

De acordo com estudo postado no *site* da ABDI, de Waissmann²⁰⁰, há necessidade de estímulo à maior integração intersetorial, com regulamentações voluntárias (*soft law*) e novos modos de participação pública na tomada de decisões. Ainda, propõe a avaliação tecnológica antecipatória, a qual deve se enquadrar num movimento maior em direção à sustentabilidade, e por fim a governança prospectiva, utilizando-se assim de novas metodologias, como OECD, ISO, NIOSH, União Europeia, e assim, para muitos serão suficientes, mas precisam de validação. Desta forma, os instrumentos internacionais destas diversas organizações, que desenvolvem estudos e protocolos específicos sobre as nanotecnologias, poderiam ser utilizados no Direito interno, como alternativa viável e suficiente.

Igualmente, na esfera do legislativo, observa-se o mesmo movimento inicial e incipiente de discussão das nanos, com proposições e projetos de lei, tanto em nível estadual quanto nacional, que precisam ser apresentadas. É um número pequeno se considerarmos o grande fluxo de propostas legislativas nacionais, mas não se pode descartar o intuito de regulação. Em primeiro lugar, antes de adentrar às proposições nacionais em andamento, importante mencionar duas iniciativas legais que não tiverem sequência legislativa:

¹⁹⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Ações ABDI:** frentes de trabalho. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

²⁰⁰ WAISSMANN, William. **Nanotecnologias e nanomateriais:** aspectos sobre toxicidade, riscos, governança e regulação. Brasília, DF, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em 28 jul. 2017. Apresentação em PowerPoint postado no site da ABDI.

- a) o Projeto de Lei nº 5.076/2005, que vislumbrou disposições sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no País, criando Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança (CTNano), e instituindo Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano), apresentado em 18/04/2005, pelo Deputado Federal Edson Duarte, e arquivado, em 28/11/2008;²⁰¹
- b) o Projeto de Lei do Senado nº 131/2010, que propôs alteração do Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, o qual buscava instituir normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato. Tal iniciativa foi rejeitada em 01/08/2013.²⁰²

²⁰¹ DUARTE, Edson. **PL 5076/2005**. 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. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

²⁰² VIANA, Tião. **Projeto de lei do Senado nº 131, de 2010**. Altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br>>. Explicando melhor, "(...) a proposta visava alterar o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, relativa à vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes. Se aprovado, promoveria alteração no texto do Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, para determinar que os rótulos, as bulas, os impressos, as etiquetas, as embalagens, os prospectos e os materiais publicitários referentes aos produtos, medicamentos, drogas, insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes que tenham sido elaborados com recurso à nanotecnologia, tragam a informação de maneira ostensiva sobre esse fato. Durante a tramitação, a proposição foi submetida à análise da Comissão de Assuntos Sociais à análise da Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor, Controle e Fiscalização. Ambas as comissões manifestaram-se sua rejeição,

Atualmente, no Poder Legislativo, é possível vislumbrar um movimento – muito embora ainda tímido – em iniciativas de marcos regulatórios específicos das nanotecnologias, que estão em atividade. No momento observa-se estas quatro iniciativas legais:

- a) proposição de projeto de Lei nº 19/2014²⁰³, no Rio Grande do Sul;
- b) dois projetos de lei no âmbito federal (Câmara de Deputados), de nº 5133/2013²⁰⁴ e nº 6741/2013²⁰⁵;
- c) projeto de Lei nº 1456/2014²⁰⁶, no Estado de São Paulo.

No legislativo federal, temos o Projeto de Lei nº 5133/2013, de autoria do Deputado Federal Sarney Filho²⁰⁷ (PV-MA), protocolado em 13/03/2013, com a finalidade de “Regulamentar a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia”. Tal proposta foi submetida à apreciação e parecer da Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio

entendendo-o como uma proposta de intervenção legal desnecessária sobre a produção de alimentos e demais produtos referidos. Segundo relatório, não há base científica para a exigência dessas informações, além disso, o Projeto poderia causar confusão e alarmes desnecessários ao consumidor, e prejuízos econômicos às empresas”. ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Ailton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. **Vigilância Sanitária em Debate**: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 122, nov. 2013. Disponível em: <<https://visaemdebate.incas.fiocruz.br>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

²⁰³ RIO GRANDE DO SUL. **Proposição**: PL 19 2014. Toma obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

²⁰⁴ SARNEY FILHO, José. **PL 5133/2013a**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

²⁰⁵ SARNEY FILHO, José. **PL 6741/2013b**. 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: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

²⁰⁶ NISHIMOTO, Hélio. **Projeto de lei nº 1456/2015**. Regulamenta e torna obrigatória a rotulagem de produtos de nanotecnologia e de produtos que dela fazem uso. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

²⁰⁷ SARNEY FILHO, José. **PL 5133/2013a**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

(CDEIC). Em maio e julho de 2015 foram apresentados dois pareceres, ambos favoráveis, mas com indicações de modificações, as quais indicaram a) que as informações não se restringissem somente aos rótulos e embalagens, mas se expandissem para todos os materiais de propaganda e divulgações, em diversos meios, como rádio, internet, dentre outros; e b) para que ocorresse ajustes nas definições dos artigos sobre nanotecnologias, bem como uma melhor adequação do texto para melhor compreensão, referindo-se às normas do Código de Defesa do Consumidor²⁰⁸. Após retorno à CDEIC, em dezembro de 2016, fora analisado e deferido o requerimento nº 3.478/2015, que postulava a tramitação conjunta do PL nº 5.133/2013 ao outro projeto de lei referente às nanos, de nº 6.741/2013²⁰⁹. Assim, a última movimentação desta iniciativa deu-se em 05/04/2017, determinando o apensamento do PL 5.133/2013 ao PL 6.741/2013, bem como a análise pela Comissão Especial ao Projeto de Lei nº 5.133/2013²¹⁰, aguardando seguimento.

Ainda na Câmara dos Deputados, temos outro Projeto de Lei pelo mesmo deputado, Sarney Filho, apresentado no final do ano de 2013, precisamente em 11/11/2013, ao qual foi apensado o PL 5.133/2013. De maneira mais abrangente e significativa, propõe finalmente sobre a disposição de uma "(...) Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências", tombado pelo nº 6741/2013²¹¹. A estrutura do projeto de lei vincula-se a diversas outras

²⁰⁸ ARAÚJO, Jozí. **PRL 3 CDEICS => PL 5133/2013a**. Parecer da Relatora, Dep. Jozí Rocha (PTB-AP), pela aprovação, com emenda. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017. Também: SALOMÃO, Helder. **VTS 2 CDEICS => PL 5133/2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²⁰⁹ ARAÚJO, Jozí. **REQ 3478/2015 => PL 5133/2013b**. Requer a tramitação conjunta do PL nº 5.133/2013 ao PL nº 6.741/2013. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²¹⁰ SARNEY FILHO, José. **PL 5133/2013a**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²¹¹ SARNEY FILHO, José. **PL 6741/2013b**. 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: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

leis, como a Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente), Lei nº 8.080/1990 (Serviços de saúde humana), Lei nº 9.605/1998 (Crimes Ambientais), Lei nº 10.973/2004 (Lei de Inovação), dentre outras. Necessário ressaltar sobre este projeto que em debate realizado em 20 de novembro de 2013 na Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio da Câmara dos Deputados, o deputado Sarney Filho (PV-MA) defendeu a rotulagem obrigatória desses materiais e a gerente de projetos da ABDI, Cleila Guimarães Pimenta, disse que a medida pode confundir os consumidores (para ela um símbolo em um rótulo apenas vai confundir ainda mais o consumidor, que não saberá se representa um risco ou um benefício) que devem ser realizados maiores estudos sobre a tecnologia antes de qualquer legislação sobre o tema²¹². O PL foi submetido à Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), sendo proferido um parecer favorável (em 07/04/2015), do relator Deputado Bruno Covas, que entendeu ser importante acompanhar passo a passo os desdobramentos da pesquisa, antecipando-se aos eventos, ao invés de ser reativo aos problemas, como tende a ser o processo legislativo²¹³. Então, desde 13/10/2015 estava aguardando apreciação do Plenário, e em 05/04/2017 foi deferido o requerimento para apensamento ao PL 5.133/2015, e aguardam, juntos, análise do plenário.

No que conserve à iniciativas do Poder Legislativo Estadual, existem dois movimentos: a) proposição de projeto de Lei nº 19/2014²¹⁴, no Rio Grande do Sul; e b) projeto de Lei nº 1456/2014²¹⁵, no Estado de São Paulo.

²¹² POMPEU, Carolina. Deputado e gerente da ABDI discordam sobre alerta de uso de nanotecnologia. **Câmara Notícias**, Brasília, DF, 5 dez. 2013. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

²¹³ COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CMADS). **Projeto de Lei nº 6741, de 2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

²¹⁴ RIO GRANDE DO SUL. **Proposição**: PL 19 2014. Torna obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²¹⁵ NISHIMOTO, Hélio. **Projeto de lei nº 1456/2015**. Regulamenta e torna obrigatória a rotulagem de produtos de nanotecnologia e de produtos que dela fazem uso. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

No Estado do Rio Grande do Sul, a Proposição nº 19/2014²¹⁶, protocolada em 25.02.2014, de autoria do Deputado Alexandre Postal, postula “Tornar obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias”. Após mais de 2 anos de tramitação, constam 3 pareceres favoráveis à proposição, o último sendo dado em 14/06/2016, inclusive a Comissão de Constituição e Justiça votando favoravelmente²¹⁷.

Destaca-se que na justificativa da proposição, um dos pontos importantes foi o Direito à Informação e o Dever de Informar, conforme lecionado por Engelmänn sobre os nanocosméticos, sendo que: “Em todos os momentos, ingressa o direito à informação (do trabalhador e do consumidor) e o dever de informar (de todos aqueles que se encontram ao longo do ciclo de vida e que dispõe de alguma informação que deva ser socializada)”²¹⁸.

Entretanto, dissoante de todas as manifestações e parecez daquela casa legislativa, a proposição foi arquivada em 02/08/016²¹⁹, sem apresentar qualquer justificativa no sítio da Assembleia legislativa do RS.

Seguindo, no Estado de São Paulo, verifica-se o Projeto de Lei nº 1456/2015, que tramita na Assembleia legislativa, de autoria do deputado Hélio Nishimoto, com a mesma proposta de regulamentar e tornar obrigatória e rotulagem de produtos de nanotecnologia e os que fazem uso dela. Seus últimos andamentos fora análise

²¹⁶ RIO GRANDE DO SUL. **Proposição:** PL 19 2014. Torna obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²¹⁷ RIO GRANDE DO SUL. **Proposição:** PL 19 2014. Torna obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

²¹⁸ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). **Nanocosméticos e o direito à informação:** construindo os elementos e as condições para aproximar o desenvolvimento tecnocientífico na escala nano da necessidade de informar o público consumidor. Erechim: Devian, 2015. p. 61.

²¹⁹ RIO GRANDE DO SUL. **Proposição:** PL 19 2014. Torna obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

e aprovação, na data de 09/03/2016, pela Comissão de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana, da Cidadania, da Participação e das Questões Sociais, com parecer favorável de todos os integrantes, com posterior publicação da decisão, em 15/03/2016, de desde então, está apto para prosseguimento e votação²²⁰. Ou seja, este projeto de lei está em fase final de aprovação, o que demonstra uma evolução pelo menos na discussão sobre a regulação das nanotecnologias e seus produtos, pelo menos no que diz respeito ao direito à informação e o dever do informar sobre tais componentes em escala nano.

Portanto, na seara legislativa apresenta-se um movimento incipiente e inicial para definir marcos regulatórios dos nanoproductos e nanomateriais, o que em si demonstra a continuação da tendência mundial, a qual se preocupa com os possíveis impactos das nanotecnologias na vida humana e meio ambiente, mas segue-se, em *terrae brasilis*, a uma distância que poderia ser medida em anos luz (já que o assunto é tecnologia) em relação aos países componentes da União Europeia e EUA. Mas pelo exposto, apresentadas as iniciativas brasileiras em agências reguladoras e na seara legislativa, a discussão inicial é feita, mesmo que em grau de aprofundamento menor se comparado à conjuntura internacional.

Em organizações internacionais este debate é maior, com pesquisas específicas quanto às nanos, no que tange à definições, risco, comportamento, de modo que diversas agências reguladoras e instituições (sejam governamentais ou privadas) desenvolvem estudos e diretrizes, ou institutos com potencial autorregulatório, que poderiam ser adotados como marco legal. Tal movimento dinâmico e produtivo, em escala global, será o tópico apresentado no próximo capítulo.

²²⁰ NISHIMOTO, Hélio. **Projeto de lei nº 1456/2015**. Regulamenta e torna obrigatória a rotulagem de produtos de nanotecnologia e de produtos que dela fazem uso. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

3. A AUTORREGULAÇÃO DO NANOWASTE E APLICAÇÃO DO PLURALISMO JURÍDICO DE GUNTHER TEUBNER: A UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO DA OECD COMO POSSIBILIDADE DE GESTÃO DO RISCO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS NANOMATERIAIS

Inexiste no momento qualquer legislação específica sobre resíduos nanotecnológicos e destinação final adequada. Mesmo que fosse elaborada uma norma originária do Poder Estatal, ela apresentaria eficácia dada a dinâmica e complexidade das nanotecnologias? Acredita-se que não, pois o lapso temporal entre a elaboração de projeto de lei, promulgação da norma, e vigência, seria grande, e tratando-se da rapidez das descobertas científicas desta nova tecnologia, provavelmente no momento de aplicação da lei, esta já estaria obsoleta. O movimento da nanotecnologia é muito rápido, as descobertas sobre elas são diárias, e o que hoje pode ser utilizado como constatação sobre algum aspecto específico dela (como análise de risco ou comportamento de material), em momento curto posterior já não mais pode se confirmar.

Contrariando a inércia estatal, existem outros inúmeros instrumentos com potencial para regulação, de organismos internacionais, tanto governamentais como privados, que auxiliariam no fornecimento de protocolos e regulações específicas. Tais documentos são fruto de extensos e profundos estudos relacionados à nanotecnologia, segurança e nanoresíduos (que será o foco desta investigação).

Inevitável o questionamento acerca da destinação final dos nanomateriais, ante o risco e (potencial) dano futuro ao meio ambiente e vida humana. Tendo em vista que não se encontra regulação específica no cenário brasileiro, tampouco são tomadas medidas acautelatórias, como não buscar uma alternativa regulatória para as nanotecnologias e seu lixo, o *nanowaste*. Esta é a missão do Direito, que precisa inserir-se no contexto de risco e lacuna estatal e legislativa, procurando um meio autorregulatório apropriado para o cenário, provendo respostas aptas a esta nova realidade.

Portanto, o que se percebe é a clara percepção de ausência de regulação na produção em nano escala e seus mais diversos produtos, que vem acompanhado de uma intensa inserção no mercado mundial. Isto demanda a necessária disposição de normas com finalidade de resguardar a vida humana e meio ambiente. Desta maneira, um dos métodos mais universais de abordar o problema pode ser a aplicação de um método legal comparativo para desenvolver uma legislação, assim como afirma Belokrylova¹, referindo-se à Rússia:

Questions of guaranteeing safety on nano products and nano materials have been a wide object of discussion in the international, European, and national levels of countries. In the Russian Federation, there is an urgent challenge in developing the aspects of political, legal, supervisory, social, and economic spheres connected to nano activities. A number of international documents have noted a lack of legal regulation in the sphere of nanotechnologies in the Russian Federation. One of the most universal methods of addressing the problem might be applying a comparative legal method for developing legislation in the nano industry in the Russian Federation. This would foster a helpful regulating of stakeholder relationships and formulate a full theoretical legal concept of nanotechnology's safety in the Russian Federation, based upon the recommendations from the international and European consortiums.

Necessário buscar alternativa à lacuna legislativa das nanotecnologias, vivenciado hoje nacionalmente e até mesmo em nível internacional. Ficar inerte, aguardando o dano se concretizar para tomar qualquer medida, não se mostra adequado e pertinente no cenário de complexidades enfrentado nesta relação entre sociedade, meio ambiente e as nanotecnologias. Desejável que se tome o caminho inverso ordinariamente adotado no Sistema do Direito (quando se fala em preenchimento do suporte fático e previsão legal), vislumbrando adoção de uma (auto)regulação apta, atualizada e adequada às demandas e di-

¹ BELOKRYLOVA, Ekaterina A. The legal problems of nanotechnology environmental safety provision in the Russian Federation: The Foreign Country's Experience. **Nanotechnology Law & Business**, Pasadena, v. 8, n. 3, p. 203, 2011. Disponível em: <<http://www.nanolabweb.com>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

namicidade das nanotecnologias e suas características, antes mesmo de se ter certeza científica quanto seu risco ou não ao ecossistema.

As diretrizes, protocolos ou normativas internas de agências (auto)regulatórias ao redor do mundo já elaboram uma comunicação com outros sistemas, como o social, econômico, da ciência e até mesmo do Direito. A comunidade europeia e Estados Unidos utilizam-se de autorregulações (elaboradas por institutos de pesquisas ou organizações privadas) para guiar o desenvolvimento das nanos, sua manipulação e comércio. Observa-se que a autorregulação dentro das organizações é praticada, importando analisar se a prática está devidamente acoplada com os princípios de direito². Tal acoplamento faz referência com a lição de Luhmann³, que se verá no subcapítulo mais adiante.

Desta maneira, a autorregulação vem se mostrando atual, efetiva e adequada ao contexto das nanotecnologias e a necessária adoção de regulação específica:

A autorregulação através do cumprimento de documentos regulatórios das agências reguladoras e organizações de normalização técnica, pode atender aos requisitos de proteção ao ser humano e meio ambiente, utilizando a comunicação como o norte a ser seguido em todas as etapas dos processos internos, serviços prestados e produto (levando-se em conta as cláusulas contidas em convenção coletiva por exemplo; considerando-se também a questão da rotulagem dos produtos e o direito à informação).⁴

² MARTINS, Patrícia Santos. **O sistema de normas ISO e as nanotecnologias: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito**. 2016. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

³ LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

⁴ MARTINS, Patrícia Santos. **O sistema de normas ISO e as nanotecnologias: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito**. 2016. p. 90. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

O objeto deste estudo, a destinação final adequada do *nanowaste*, demanda uma análise interdisciplinar, envolvendo o mundo jurídico e outras áreas da ciência, apropriando-se de pesquisas específicas sobre nano, para então buscar alternativas adequadas a este contexto de risco. O trabalho é árduo, principalmente se for tomado em conta que o Direito ainda caminha no sentido do positivismo fechado. Trazendo a transdisciplinaridade e a sociedade complexa, Rocha⁵ afirma:

'Não é nada fácil analisar o Direito de um ponto de vista transdisciplinar. O Direito parece ser algo muito diferente da física, da Biologia, estando distante destas questões mais voltadas à Terra, à natureza' de forma que tal análise permita abertura transdisciplinar tendo em vista a sociedade complexa.

Por outro lado, encontram-se autores que defendem uma espécie de regulação transnacional ou global para as nanos, pois de fato se utilizam modelos internacionais de agências reguladoras neste contexto de regulação. Conforme observa-se no artigo intitulado *Transnational Models for Regulation of Nanotechnology*, o Direito e a lei vêm brigando pelo espaço já delineado de autorregulações, adotadas pelas indústrias, principalmente pela questão do risco. O marco regulatório é necessário; assim migra-se para um modelo transnacional e afirma-se a adoção de regulações internacionais, de agências reguladoras, que já vem fazendo as vezes da lei estatal⁶:

Apesar dessas incertezas, podemos ter total confiança em um aspecto do futuro da nanotecnologia – que estará sujeita a uma série de regulações. De certa forma, a indústria já está regulada. Alguns aspectos da nanotecnologia podem cair em regulamentos ou supervisão preexistentes. Decisões

⁵ ROCHA, Leonel Severo. Sistema do direito e transdisciplinaridade: de Pontes de Miranda à Autopoiese. In: SANTOS, André Leonardo Copetti; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2006: n. 3. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2007. p. 181.

⁶ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

de financiamento também funcionam como sistemas ad hoc regulatórios, permitindo que algumas áreas de pesquisa floresçam, deixando outros murcharem. Regulação informal e extensões de regimes regulatórios serão eventualmente substituídos por mais quadros regulatórios formais e direcionados que buscam a cabine de riscos de nanotecnologia, promovem seus benefícios e temperam seus distúrbios sociais e econômicos. A regulação final será necessariamente promulgada através da lei. Assim, apesar da nanotecnologia geralmente ter um passado irrestrito, seu futuro será, em grande parte, determinado pelas escolhas legais feitas nos próximos anos. Não obstante este fato inegável, os estudiosos do direito de longe se juntam à briga. [tradução nossa]⁷

O Direito, através do movimento estatal e legislativo, mostra-se insuficiente, deixando esta área tão complexa numa espécie de limbo, onde na verdade a seara jurídica, da maneira que vem sendo conduzida pelos estudiosos, não alcança a dinâmica e mecanismos necessários para prover uma lei adequada e apta a esta nova realidade. Novamente, deve o mundo jurídico apropriar-se de instrumentos com potencial autorregulatórios, que no mínimo apresentam-se em um estágio muito mais avançado na seara das nanotecnologias. Nesse sentido, observa-se a afirmação de Marchant e Sylvester⁸:

A quietude da academia jurídica é, cremos, um erro. Compreender a interação da regulação e a tecnologia é uma área onde os juristas e os profissionais têm muito a oferecer. Na verdade, acreditamos que a lei e, em particular, os quadros legais (frameworks) e princípios aplicados em outras áreas do desenvolvimento tecnológico, podem destacar os riscos e benefícios de regulações da nanotecnologia. Em particular, acreditamos que a experiência de agências reguladoras internacionais, estruturas e arranjos provarão áreas frutíferas de pesquisa na exploração de nanotecnologias para uma regulação futura. [tradução nossa]

⁷ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 714, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

⁸ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 715, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

Procurando estabelecer fundamentos para a comunicação entre diversos sistemas, possibilitando até mesmo o acoplamento de normas exteriores ao Direito formal, o presente capítulo apresenta as diferenças entre os mecanismos da meta e autorregulação, como instrumentos efetivos diante da lacuna legislativa e desempenho falho do Estado nesta conjuntura. Ainda, serão expostas diversas instituições internacionais e agências reguladoras que efetivamente elaboram instrumentos com potencial para marco legal. Por fim, defender-se-á de que modo a autorregulação se faz mais eficiente e adequada quando adotada como mecanismos regulatório (baseando-se no Pluralismo jurídico de Teubner), no caso específico do protocolo da OECD.

3.1. Da Metarregulação e Autorregulação como Instrumentos Efetivos ante a Inércia (e Insuficiência?) Estatal

Já não são recentes as inúmeras denúncias acerca das crises do Estado. Vislumbra-se crises contundentemente apontadas no âmbito conceitual, estrutural – também envolvendo a crise fiscal, ideológica e filosófica, a crise institucional, funcional e política⁹.

O Estado-nação por si só não dá conta das demandas atuais da sociedade. Surgem novas demandas, tão complexas, como no caso das nanotecnologias, que de maneira isolada torna-se inviável solucionar a complexidade que gera novos direitos dentro da sociedade, o que demonstra um movimento cada vez mais global, com a comunicação entre Estados, bem como pre-dispõe a comunicação entre os sistemas.

Apresenta-se claros sinais de insuficiência no Estado em sua conformação clássica, moderna, levando em consideração a nova realidade social. Não mais se adapta mais a tradicional noção de poder e soberania à realidade complexa e globalizada da chamada *pós-modernidade*. A questão ambiental é um tema de especial relevância num contexto de grande complexidade e riscos, produzido pelas decisões civilizatórias tomadas hoje e cujos efeitos não se pode antever. A imprevisibilidade do futuro, a im-

⁹ MORAIS, José Luis Bolzan de. As crises do estado. In: MORAIS, José Luis Bolzan de (Org.). **O estado e suas crises**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2005.

portância das decisões são próprias da Sociedade de Risco, a gestão dos danos ambientais, precisam ser compreendidos para melhor equacionar essa relação complexa existente entre Estado, economia e sociedade¹⁰.

Tem-se assim a fragilização do Estado – em suas diversas expressões, quando perde a concorrência para outros setores, como semi-públicos, privados, marginais, nacionais, locais, regionais, internacionais, sendo que a crise funcional do mesmo afeta a centralidade e a exclusividade do seu poder. Ademais, relaciona-se à fragmentação do espaço de decisão estatal que passa a ser compartilhado com outros atores, acima mencionados¹¹. É neste viés que se sustenta a atual demanda da era nanotecnológica, que fomenta a adoção de institutos com potencial autorregulatório, a fim de elaborar a efetiva gestão do risco dos nanomateriais e seu descarte final.

Cada vez mais necessita-se de uma comunicação, entre Estados e sistemas diversos, com a finalidade de buscar instrumentos regulatórios aptos a resolver a complexidade das nanotecnologias. Este tema envolve não só o estado brasileiro, mas abarca a preocupação com o tema da regulação das nanos, que tem reflexo no cenário internacional.

Luhmann¹² afirma que nos dias atuais as questões que envolvem a palavra *internacional* não mais se referem a uma relação entre dois ou mais nações, mas tratam de problemas políticos e econômicos da sociedade global. Esta é a conjuntura das nanos, que se tornaram uma demanda da sociedade global, de modo que o esforço deva ser no sentido da comunicação, que propõe

¹⁰ WEYERMÜLLER, André Rafael. A fragmentação do projeto moderno e a necessidade de construção de um estado constitucional ecológico na sociedade de risco globalizada. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 8, n. 15, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹¹ MORAIS, José Luis Bolzan de. As crises do estado. In: MORAIS, José Luis Bolzan de (Org.). **O estado e suas crises**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2005.

¹² LUHMANN, Niklas. Globalization or world society: how to conceive of modern society? **International Review of Sociology**: Revue Internationale de Sociologie, New York, v. 7, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Luhmann¹³, ou do aproveitamento das normas informais, de quase *direito*, que Teubner¹⁴ defende em seu Pluralismo Jurídico.

Rocha, King e Schwartz¹⁵ discorrem sobre a lição de Luhmann¹⁶, no que tange a existência de uma sociedade global e a necessária inserção do Direito na busca por alternativas diversas às puramente normativistas:

A globalização vai forçar a um outro tipo de observação que antes não havia. Não é que as coisas não existiam, elas não eram observadas. Então, o Direito, hoje, necessariamente, deve ser observado de forma diferente, não normativista¹⁷.

Portanto, a grande dificuldade por parte do mundo jurídico a prestar respostas aptas às novas demandas da sociedade – enfrentadas em face de novos direitos que surgem no contexto da sociedade global e do risco¹⁸ – é justamente utilizar-se de modelos lineares, não sistêmicos, totalmente impróprias para a complexidade a ser enfrentada.

¹³ LUHMANN, Niklas. Globalization or world society: how to conceive of modern society? **International Review of Sociology**: Revue Internationale de Sociologie, New York, v. 7, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

¹⁴ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁵ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. **A verdade sobre a autopoiese do direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.

¹⁶ LUHMANN, Niklas. Globalization or world society: how to conceive of modern society? **International Review of Sociology**: Revue Internationale de Sociologie, New York, v. 7, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

¹⁷ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. **A verdade sobre a autopoiese do direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 34.

¹⁸ Também sobre o risco, pode-se citar as doutrinas de Beck, que já em 1986 publicou seu primeiro livro debatendo o tema, *Sociedade de Risco: Rumo a uma Outra Modernidade*, e posteriormente foi atualizando seu posicionamento ante as novas tecnologias, desastres climáticos, terrorismo, apresentando tais riscos inseridos numa sociedade mundial, como em sua última obra *Sociedade de Risco Mundial: em Busca da Segurança Perdida*, em 2007. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial: em busca da segurança perdida**. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

É o que discorre Weyermüller¹⁹:

Compreender o mundo contemporâneo e a realidade que se insere a sociedade global parece ser uma tarefa tão difícil quanto o próprio enfrentamento das dificuldades que esse mesmo mundo apresenta. Parte dessa dificuldade em se compreender a origem do problema está na utilização de modelos lineares não sistêmicos e impróprios para enfrentar a problemática. Na medida em que um novo pensamento se impõe e se desenvolve, a possibilidade de êxito na compreensão da realidade de crise fica mais próxima da materialização e da efetividade. É o que se pretende construir, pois apenas ações de comando e controle sobre as resultantes negativas do desenvolvimento humano não estão surtindo o efeito que se espera no passado, quando a amplitude das consequências era significativamente menor.

Nessa busca por uma regulação apta, é possível considerar outros aspectos de modelos existentes em regulação transnacional de tecnologias, como o fato de ser provável que qualquer instrumento regulatório possa impor algum fardo sobre os usos benéficos da tecnologia, tentando restringir aplicativos potencialmente prejudiciais. Outro prisma é que os fatores de regulação podem pesar diversamente em cada nação, pois estas enfrentam diferentes níveis de desenvolvimento e interesses em uma tecnologia específica. Ademais, outra questão crítica e controversa em qualquer regime de regulação que está decidindo o âmbito da tecnologia a ser regulada, inclui quais aplicativos devem ser restritos e quais devem ser proibidos, e quão clara esta linha pode ser desenhada²⁰.

Presencia-se um movimento de aproximação global no que se refere à regulação das nanos, fomentando a multidisciplinari-

¹⁹ WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, p. 30, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

²⁰ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 721, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

dade, aproximando diversas ciências e o Direito, principalmente no debate do *nanowaste*²¹:

Há necessidade de uma aproximação global fundado num quadro multidisciplinar regulatório, combinando Direito, ciência política, economia, ética, aplicando à regulação do *nanowaste* e levando em consideração um 'contexto global multinível' envolvendo diferentes níveis de pesquisas do Direito e política (internacional, União europeia e nacional) que se sobrepõe, bem como o envolvimento de atores oficiais e atores não oficiais – partes interessadas, atores privados, ONGs, etc – e organizações internacionais todas envolvidas num processo de criação de uma futura regulação efetiva para o *nanowaste*. [tradução nossa]²²

Com esta preocupação, a regulação é enfrentada por outros atores que não o Estado, fortalecendo a autorregulação:

Como consequência das tendências políticas e tecnológicas globais, atores não estatais (por exemplo, indústria, organizações e redes internacionais, e Organizações não-governamentais) desempenharão papel cada vez mais importante no desenvolvimento de novas tecnologias como a nanotecnologia e devem ser abordados em qualquer acordo internacional. (...). Por causa da facilidade com que as informações podem ser distribuídas e compartilhadas, é muito mais difícil de controlar e regular a informação do que outros bens em muitos contextos. Qualquer acordo internacional deve ter incorporado com flexibilidade para evoluir, dado o ritmo acelerado das mudanças tecnológicas esperadas para a nanotecnologia. [tradução nossa]²³

²¹ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

²² CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 218-219, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

²³ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 722, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

O Direito é mais devagar quanto à legitimação das inovações científicas, bem como quanto aos seus efeitos no meio ambiente e na saúde. Isso porque o Direito temporaliza a sua complexidade por processos administrativos ou jurisdicionais²⁴.

Nessa mesma direção vai o alerta de Delmas-Marty, só que ao campo da pesquisa biomédica, que igualmente postulava uma resposta urgente (como atualmente as nanotecnologias), em nível mundial, sob pena de outros interesses – que não os do bem-estar humano- serem levados em consideração:

(...) o desenvolvimento dos laços de pesquisa biomédica é o próprio exemplo de uma mutação que, por sua rapidez e amplitude, exigiria uma resposta jurídica mundial, sendo os riscos, então, na medida em que os ônus financeiros são altos, de deixar os argumentos econômicos e financeiros preponderarem sobre os direitos do homem e sobre as doenças²⁵.

Assim, observa-se a existência de instrumentos com potencial regulatório internacionais que auxiliariam tanto no resguardo do meio ambiente quanto na produção e desenvolvimento de nanoprodutos, principalmente sua utilização e posterior descarte ao final de vida útil. Esses mecanismos servem de diretrizes, protocolos ou regulamentos internos que podem ser tomados como marcos regulatórios, que de fato supririam (mesmo que momentaneamente) a inércia estatal em regular as nanotecnologias.

Este movimento autorregulatório efetua uma comunicação entre sistemas diversos, sendo inevitável tal interação no cenário das nanotecnologias, que nesse sentido propõe ainda a interdisciplinaridade. Seriam sistemas diferentes trabalhando em sintonia, unindo esforços onde é possível a consonância de informações e estudos.

O tema das nanotecnologias promove o debate interdisciplinar do qual o Direito vem fazendo parte, observando um cru-

²⁴ CARVALHO, Delton Winter de. A construção probatória para a declaração jurisdicional da ilicitude dos riscos ambientais. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 38, n. 123, set. 2011. Disponível em: <<https://bdjur.tjdft.jus.br>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

²⁵ DELMAS-MARTY, Mireille. **Três desafios para um direito mundial**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2003. p. 138.

zamento entre possíveis benefícios, mas com enorme probabilidade de riscos, os quais podem gerar efeitos ao meio ambiente e ser humano. Nesta inquietação, questiona-se de que do Direito deverá juridicizar esse cruzamento de panoramas diferentes e desafiantes, alertando ainda para reflexão sobre interfaces regulatórias e a atual ausência de um marco normativo específico. Portanto, impõe-se a criação de modelos e outras alternativas, que ingressarão no cenário de ausência legislativa regulatória²⁶.

Existem novos modelos regulatórios, em nível internacional, que devem ser levados em consideração como modelo transnacional para as nanotecnologias. Podem até mesmo não se encaixarem perfeitamente em todas as demandas nanotecnológicas, mas que certamente auxiliam na tomada de decisões em casos de extrema complexidade, demandando compromissos internacionais, como neste caso²⁷:

Existem muitos modelos existentes para regulação transnacionais de nanotecnologia que podem ser lições úteis sobre a desejabilidade, viabilidade, design e implementação de quaisquer esforços futuros para regular a nanotecnologia no nível internacional. Nenhum desses modelos existentes provavelmente se encaixam exatamente às necessidades de regulação da nanotecnologia, mas podemos aprender com os Esforços passados para regular outras tecnologias, como lições importantes sobre os prováveis obstáculos, desafios, oportunidades e rotas para o sucesso que provavelmente enfrentarão qualquer esforço na regulação transnacional da nanotecnologia. Uma lição importante que pode ser extraída de modelos são que os acordos internacionais para regular as tecnologias em geral levam considerável esforço, tempo, capital político e recursos, e, portanto, são susceptíveis de apenas serem realizados para os mais sérios e iminentes problemas. Não está claro se e quando a regulação da

²⁶ MARTINS, Patrícia Santos. **O sistema de normas ISO e as nanotecnologias**: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito. 2016. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

²⁷ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

nanotecnologia se tornará uma prioridade suficiente para justificar tal compromisso internacional. [tradução nossa]²⁸

Face o necessário entendimento destes novos institutos com pretensão autorregulatória, importante destacar as definições de autorregulação e metarregulação, para que se viabilize o acolhimento destas regulações ao cenário das nanotecnologias, perfazendo assim uma resposta adequada do Direito às novas demandas oriundas da era nanotecnológica.

A utilização destas ferramentas ou instrumentos com potencial para regulação seguem com uma distinção: dividem-se entre a chamada de autorregulação, que não dependam exclusivamente da iniciativa do Estado, bem como as que tenham a participação do Estado de forma diversa da tradicional (emissor de normas) em que atue com menor grau de participação, tida como metarregulação²⁹.

Para Berger Filho³⁰, a autorregulação representa “(...) novas formas de operar o Direito na globalização (...)” e resultam de regras, acordos e regulação de atores privados – empresas transnacionais – que através do fluxo de suas atividades ao redor do mundo, proporcionam a difusão destas normas.

A autorregulação é³¹

²⁸ MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 722, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

²⁹ BERGER FILHO, Airton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

³⁰ BERGER FILHO, Airton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. f. 24. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

³¹ BERGER FILHO, Airton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. f. 24. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

(...) a proliferação de normas estabelecidas por organizações profissionais e de padronização técnica, a ampliação das declarações de princípios, orientações e diretrizes estabelecidas por organizações internacionais relativas a demandas globais, das quais os Estados não conseguem formar consenso para imposição de obrigações concretas, resultam na ascensão de instrumentos de *soft law*. Normas brandas e flexíveis, cujo descumprimento não acarreta nenhum tipo de sanção formalmente instituída pelo Estado (ou Estados no caso do Direito Internacional). [grifo do autor]

Ante as inovações da nanotecnologia e sua necessidade de regulação, esta tem assumido um significado mais amplo, abrangendo também instrumentos de metarregulação, conforme lecionam Engelmann, Aldrovandi e Berger Filho³². Apesar de não existir definição acordada de autorregulação e metarregulação, de maneira geral pode-se dizer que a primeira trata-se de um processo de regulação voluntária, instituído independentemente da regulamentação estatal, criada por atores não governamentais, inclusive por seu(s) próprio(s) destinatário(s). Já a metarregulação resulta da interação entre a regulação estatal e a autorregulação. Ela seria uma estratégia de supervisão do Estado sobre os mecanismos da autorregulação³³.

Ademais, a conjuntura de desenvolvimento da era nano, aliada à necessidade de gestão de riscos, fomenta a postura e função do Estado reflexivo, aquele que possui a função de decidir se a regulação será fruto de uma intervenção direta ou se deverá ocorrer através de instrumentos descentralizados de autorregula-

³² ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. **Vigilância Sanitária em Debate**: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, nov. 2013. Disponível em: <<https://visaemdebate.incas.fiocruz.br>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

³³ ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. **Vigilância Sanitária em Debate**: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, nov. 2013. Disponível em: <<https://visaemdebate.incas.fiocruz.br>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

ção, ou ainda em processos de autorregulação dirigida – metarregulação e co-regulação³⁴.

Pariotti³⁵ discorre sobre a autorregulação, sugerindo inclusive que a adoção destes instrumentos possa superar a antiga dicotomia público x privado, inserindo-se no contexto plural, remetendo a Teubner³⁶:

Nesse sentido, é intrigante ver se os modelos regulatórios em algum momento poderiam superar a dicotomia entre privado e público, expressando a distinção entre estado e sociedade em termos de 'policontextualidade', isto é, a idéia de que várias perspectivas sociais se refletem na lei, sem uma distinção entre eles sempre sendo possível. Ser uma maneira de superar a visão que permite espaço para autorregulação encoraja o eclipse da autoridade pública por interesses privados. [tradução nossa]³⁷

Nota-se uma interface regulatória através de um nível nacional e internacional, onde ocorre a comunicação entre diversos instrumentos de agências reguladoras e até mesmo organismos estatais, promovendo a circulação das normas estatais ou não ao redor do globo, fazendo jus ao importante movimento da transnacionalização vivenciada³⁸.

³⁴ BERGER FILHO, Airton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

³⁵ PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**, Pamplona, n. 62, 2010. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

³⁶ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

³⁷ PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**, Pamplona, n. 62, p. 25-26, 2010. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

³⁸ SHAFFER, Gregory. **Transnational legal process and state change**: opportunities and constraints. Minnesota: Ed. University of Minnesota: Law School, 2010. (Legal

Propõe nesse sentido Shaffer³⁹:

Mais recentemente, eles provêm da intensificação da interação econômica e cultural transnacional, catalisando a proliferação de acordos internacionais, regionais e bilaterais, redes reguladoras e instituições que fomentam e promovem mudanças legais e institucionais. Nós inconscientemente experimentamos esse transnacionalismo em nossas vidas diárias, e às vezes nos abraçamos. No entanto, também podemos estar preocupados com seus efeitos em nossa ordem social e identidades. Nossas leis e sistemas legais refletem a forma como nos vemos a nós mesmos e às nossas comunidades. À medida que a migração da lei através das fronteiras se intensifica, podemos nos preocupar com isso, conforme refletido no clamor sobre citações para leis estrangeiras e internacionais, decisões legais em leis federais nos Tribunais dos EUA. As normas jurídicas em quase todos os domínios do direito circulam em todo o mundo. As normas não viajam sozinhas. Elas são transmitidas por atores, seja de forma instrumental ou reflexivamente. Às vezes, eles são codificados em tratados internacionais, seja de natureza não-vinculativa. Outras vezes, são difundidas através de processos informais envolvendo redes burocráticas de funcionários públicos, redes transnacionais de atores como representantes empresariais, ativistas e profissionais não-governamentais, e combinações híbridas. Ao longo do tempo, podem surgir diferentes ordens jurídicas transnacionais que impõem ou conferem normas legais que regulam determinadas áreas do direito. [tradução nossa]

Atualmente existem inúmeras fórmulas que facilitam a autorregulação já no meio empresarial com finalidade de implantar mecanismos com foco na gestão ambiental, com auxílio das empresas a partir serem capazes de se adequar às necessidades do desenvolvimento sustentável, a partir de suas próprias metas e princípios. Tal implantação do sistema autorregularório varia conforme complexidade e procedimentos levando em conta o tipo de sistema de

studies research paper series. Research paper, n. 10-28). Disponível em: <<http://papers.ssrn.com>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

³⁹ SHAFFER, Gregory. **Transnational legal process and state change**: opportunities and constraints. Minnesota: Ed. University of Minnesota: Law School, 2010. p. 3. (Legal studies research paper series. Research paper, n. 10-28). Disponível em: <<http://papers.ssrn.com>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

certificação escolhido, no caso europeu o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS)⁴⁰, como internacional ISO. Para proteção ambiental a autorregulação empresarial originou-se da conscientização de que tal postura não deve ser somente vista sob o prisma defensivo, apenas buscando soluções corretivas baseadas no estrito cumprimento da legislação. Passou a ser vista pelos empresários como uma necessidade, talvez reflexo de uma sociedade mais atenta aos efeitos danos ao meio ambiente, de maneira mais responsável. Esta busca por uma auto-normatização ambiental foi iniciada pelas atividades industriais e de mineração, por serem mais visíveis e submetidas a controles mais rigorosos⁴¹. É nesse sentido que a autorregulação enquadra-se para a era nanotecnológica, principalmente se atentos aos resíduos que vão se acumulando no ecossistema sem qualquer medida precaucional.

Como exemplo de autorregulações amplamente adotadas, demonstra o Quadro 2 abaixo, uma diversidade de organizações internacionais, governamentais ou não, que se utilizam de instrumentos com potencial autorregulatório. Realizam a gestão dos resíduos nanotecnológicos, fazendo jus à precaução exigida no contexto do nanowaste, protegendo minimamente seus pesquisadores e meio ambiente de maneira geral. Especificamente estas instituições desenvolvem pesquisas com nano em laboratórios. Muitos deles adotam protocolos como químicos ou resíduos perigosos⁴².

⁴⁰ The EU EMAS, O Esquema de Eco-Gestão e Auditoria da União Europeia (EMAS) é um instrumento de gestão superior desenvolvido pela Comissão Europeia para empresas e outras organizações para avaliar, relatar e melhorar o seu desempenho ambiental. O EMAS está aberto a todos os tipos de organizações ansiosas para melhorar seu desempenho ambiental. Abrange todos os setores econômicos e de serviços e é aplicável em todo o mundo. EUROPEAN COMMISSION. Environment. Eco-Management and Audit Scheme. **What is EMAS?** Brussels, 2017. Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

⁴¹ GOMES, Viviane Passos. Auto-regulação empresarial com instrumento de gestão ambiental na União Europeia. **SCIENTIA IURIS**, Londrina, v. 13, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

⁴² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Compilation and comparison of guidelines related to exposure to nanomaterials in laboratories**. ENV/JM/MONO (2010) 47. Paris, Dec. 01 2010. (Series on the safety of manufactured nanomaterials, n. 28). Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

Por outro lado, cumpre esclarecer que é possível apontar fragilidades e críticas à autorregulação. Estas consistem na possibilidade de discordância entre os interesses privados da organização (ainda que tenha informações para encontrar soluções relativas aos interesses públicos) e a ausência de incentivos. Nestas modalidades regulatórias o grande desafio está em adequar tanto os interesses das organizações com objetivos de regulação pública⁴³.

Quadro 2 – Instituições Internacionais e Guias Adotados para Gestão do Nanowaste

guideline documents	waste disposal
AIIST	Nanomaterial waste, dust filter, collected waste liquid, cloth, etc. used for clean up shall be treated appropriately to prevent the secondary contamination and disposed of according to the waste separation method specified by the Institutes respectively.
CHS	collect in labeled enclosed hazardous waste containers with secure caps or covers including a description of the waste and the words "contains nanomaterials", loose contaminated material shall be double-bagged, labeled, sealed and disposed, dispose nanomaterials as hazardous waste
DOE-NRSC	characterize according to 40 CFR 261.10-38 as hazardous or nonhazardous waste, package in container compatible with contents, label "contains nanomaterials", include information characterizing known and suspected properties, collect contaminated material in plastic bag or sealable container, place into second bag or container
EPFL	treat contaminated liquid and solid wastes as to inactivate the nanoparticles, leave contaminated materials in the laboratory dustbin
Georgia Tech	place waste nanomaterials in puncture proof sealable containers or double bagged in 6 ml plastic bag which is labeled and disposed as hazardous waste
HSE-a	---
ISU	decontaminate equipment before disposal, treat nanomaterials as chemical waste
MIT	dispose as hazardous waste: pure nanomaterials, contaminated materials, liquids containing nanomaterials, and solid matrixes with nanomaterials at the surface; this does not apply for nanomaterials embedded in a solid matrix; collect contaminated materials in a labeled, closed double bag or double container
NASA-ARC	dispose nanomaterials and cleaning materials as hazardous waste
NSF	handle like potentially hazardous
ORC Worldwide	dispose as hazardous waste if the chemical or mixture is regulated as such by environmental regulations, otherwise dispose as special waste (incinerate, chemically treat, or immobilize/encase), for larger wastes special consulting, place contaminated material in bag or bucket for disposal
OUHSC-IBC	---
Penn-EHRS	dispose as hazardous waste
TU Delft	treat quantities exceeding the milligram range as chemical waste, if the water solubility is low, nanomaterials with higher water solubility shall be treated according to toxicity class of the macroscopic material, nanoparticle residues in water from cleaning can be pured down the drain, according to hazardous chemical waste guidelines, contaminated materials must be disposed of as chemical waste
UBC	---
UC	according to hazardous chemical waste guidelines
UCI	treat like hazardous 'toxic' materials, nanoparticles in solution: dispose according to hazardous waste procedures for the solvent
UCSB	treat as hazardous 'toxic' materials, nanoparticles in solution: dispose according to hazardous waste procedures for the solvent
UD	dispose materials used in handling or cleaning nanomaterials in a separate closed waste container, concentrated nanomaterials: hazardous waste
VCU	dispose contaminated materials through incineration

Fonte: OECD⁴⁴.

⁴³ BERGER FILHO, Airton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.iesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

⁴⁴ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Compilation and comparison of guidelines related to exposure to nanomaterials in laboratories**. ENV/JM/MONO (2010) 47. Paris, Dec. 01 2010. p. 80. (Series on the safe-

Apresentando ponto de vista diverso no que tange às fragilidades da autorregulação, Pariotti menciona o suposto déficit democrático:

Um dos argumentos mais utilizados contra a autorregulação enfatizam seu déficit democrático. De acordo com este argumento, o direito decorrente da sociedade sem formalização legislativa (ou delegação) parece ausente de qualquer legitimação democrática. Isso poderia ser abordado por entender que a autorregulação deve se adaptar à ordem jurídica (seus princípios e fontes) e pode regular as questões em profundidade, seguindo uma perspectiva 'de baixo para cima' buscando precisão, mas também flexibilidade, e aproveitando o papel dos atores privados que poderia desempenhar na promoção de uma boa qualidade de regulação e conformidade. Em um mundo globalizado, as medidas de autorregulação poderiam reivindicar um caráter democrático, na medida em que as medidas normativas sejam com base no compartilhamento de informações e na participação das partes interessadas. [tradução nossa]⁴⁵

Já Martins⁴⁶ demonstra outra vulnerabilidade da autorregulação, sugerindo uma alternativa:

Outra fragilidade da autorregulação pode se verificar na possibilidade de que organizações que incluam nanotecnologias ou nanoproductos em seus processos, representando riscos ao meio ambiente e saúde, simplesmente optem pela não adoção do modelo autorregulatório; nestes casos a metarregulação com a participação do Estado como mediador ou supervisor, deve ser analisada como alternativa regulatória.

ty of manufactured nanomaterials, n. 28). Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁴⁵ PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**, Pamplona, n. 62, p. 27, 2010. Disponível em: <<http://heionline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁴⁶ MARTINS, Patrícia Santos. **O sistema de normas ISO e as nanotecnologias: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito**. 2016. f. 125. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

Mesmo havendo pontos de inconsistências neste instrumento, uma vez que a adoção da autorregulação depende da vontade própria da organização, ela é uma alternativa viável. No caso da autorregulação do *nanowaste*, com adoção do protocolo da OECD, ela seria importante pois baseia-se em critérios científicos, oriundos de pesquisa específica sobre resíduos nanotecnológicos, e que não iriam colidir com interesses maiores como meio ambiente e saúde humana, pelo contrário. Adotando estas diretrizes, fomentaria-se o desenvolvimento responsável das nanotecnologias, promovendo uma verdadeira gestão do risco, administrando adequadamente a destinação final do *nanowaste*. A adoção do protocolo, não só pelas agências, mas pelo Estado, dar-se-ia através da validação feita pelo mesmo. E no caso de dissonâncias ou na observação de interesses contrários ao bem-estar humano, poderia o Estado regulamentar o instrumento então, já adotado, como forma de metarregulação.

Conforme se verá a seguir, assim como o protocolo da OECD, existem diversas outras instituições, organismos internacionais e agências reguladoras que produzem instrumentos com potencial regulatório, os quais auxiliariam na produção destes marcos, protegendo a saúde humana e meio ambiente, através da adoção de suas diretrizes.

3.2. Dos possíveis Institutos com Potencial para Autorregulação do Nanowaste para Gestão dos Riscos

No cenário das nanotecnologias é possível vislumbrar inúmeras organizações internacionais, sejam governamentais ou privadas, que estão desenvolvendo pesquisas com nanotecnologias, e assim elaborando instrumentos com potencial (auto)regulatório, possíveis no auxílio para produção de marcos legais, provendo respostas adequadas a estas novas demandas na qual o Direito não está apto.

Através da utilização de normas independentes da ordem estatal, se vislumbra uma alternativa para a possibilidade de regulação das nanotecnologias, com alcance global, objetivando ultrapassar a ingenuidade que ainda paira sobre as instituições jurídicas e seus aplicadores de que o Estado é a única instituição capaz de criar normas que permitem a generalização e a organiza-

ção de expectativas por parte de diferentes atores sob ponto de vista pragmático⁴⁷.

Em nível internacional, é possível elencar diversos organismos que desenvolvem pesquisas específicas de segurança e análise de risco dos nanomateriais. São encontradas nos EUA, Europa, Ásia, e na América Latina (como já apresentado o caso brasileiro).

Nos EUA apresenta-se a agência regulatória NIOSH, de proteção em saúde ocupacional, a qual identificou 10 tópicos críticos, para orientar na resolução de lacunas e fornecer recomendações sobre as aplicações e implicações dos nanomateriais nos ambientes de trabalho⁴⁸. Ainda na América do Norte é possível citar o Programa Nacional dos EUA, *National Nanotechnology Initiative* (NNI)⁴⁹, que orienta todas as agências nacionais e utiliza de seus protocolos.

Destacado o papel da NIOSH no cenário americano, uma vez que tal agência vem elaborando diversos estudos com foco na saúde do trabalhador e meio ambiente, pois enquanto os nanomateriais apresentam possibilidades aparentemente ilimitadas, eles trazem novos desafios para entender, prever e gerenciar possíveis riscos de segurança e saúde. É o que defende a organização⁵⁰:

⁴⁷ WITTMANN, Cristian Ricardo. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

⁴⁸ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Building a safety program to protect the nanotechnology workforce**: a guide for small to medium-sized enterprises. By Hodson L, Hull M. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2016b. (DHHS NIOSH Publication, n. 2016-102). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁴⁹ UNITED STATES. National Nanotechnology Initiative. **About the NNI**. [S.l., 2017?]. Disponível em: <<https://www.nano.gov/about-nni>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

⁵⁰ DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC); NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Approaches to safe nanotechnology**: managing the health and safety concerns Associated with Engineered Nanomaterials. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2009. (DHHS NIOSH Publication, n. 2009-125). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 08 mai 2018.

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho (NIOSH) continua empenhado em proteger trabalhadores agora e no futuro, à medida que as aplicações e usos da nanotecnologia se expandem. Como parte desses esforços, em outubro de 2005, o NIOSH divulgou para público o projeto de documento, 'Abordagens à Nanotecnologia Segura: Um Intercâmbio de Informação com o NIOSH'. Com base em comentários recebidos, o NIOSH revisou e atualizou o documento em julho de 2006 e procurou outros comentários públicos. Este projeto de relatório foi amplamente citado, e a versão final do relatório deve servir como um recurso vital para as partes interessadas (incluindo profissionais da área de segurança e saúde ocupacional, pesquisadores, tomadores de decisões políticas, avaliadores de risco e trabalhadores da indústria) que desejam entender mais sobre as implicações de segurança e saúde da nanotecnologia no local de trabalho. Com a publicação do documento *Approaches to Safe Nanotechnology*, o NIOSH espera: aumentar a consciência das questões de segurança e saúde ocupacional envolvidas com a nanotecnologia; formular recomendações sobre as melhores práticas de segurança e saúde no trabalho na produção e uso de nanomateriais; facilitar o diálogo entre o NIOSH e seus parceiros externos na indústria, no trabalho e na academia; responder aos pedidos de diretrizes de segurança e saúde; e, identificar lacunas de informação e áreas para futuros estudos e pesquisas. À medida que nosso conhecimento de nanociências aumenta, também os nossos esforços para fornecer orientações valiosas sobre o manuseio seguro de nanopartículas e para proteger a vida e os meios de subsistência dos trabalhadores que lidam com nanotecnologia. [tradução nossa, grifo do autor]⁵¹

A partir de um dos últimos documentos com potencial autor-regulatório elaborado pela organização NIOSH, com diretrizes para segurança e nano, conclui a organização pela necessidade de responsabilidade na gestão dos nanomateriais, demonstrando ain-

⁵¹ DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC); NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Approaches to safe nanotechnology**: managing the health and safety concerns Associated with Engineered Nanomaterials. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2009. p. 5. (DHHS NIOSH Publication, n. 2009-125). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 08 mai 2018.

da o potencial risco (a partir de estudo realizado pela instituição), expondo uma série de pontos a serem considerados⁵². Facilmente estas diretrizes poderiam ser seguidas como instrumento regulatório mínimo no cenário das nanos. Afirma a agência em sua conclusão:

Assegurar a saúde e a segurança no trabalho da sua empresa e seus funcionários é primordial para o sucesso e crescimento futuro do seu negócio. Esta responsabilidade para as empresas que utilizam ou lidam com nanomateriais de engenharia foi feito ainda mais desafiador pela pesquisa mostrando que alguns nanomateriais causam riscos respiratórios e cardiovasculares em animais de laboratório. Seus empregados correm o risco de exposição por inalação, absorção da pele ou ingestão. Vários fatores podem afetar seu potencial de exposição, incluindo:

- A rota, a concentração, a duração e a frequência de qualquer exposição
- A capacidade do nanomaterial para ser facilmente dispersado (como um pó ou aerossol)
- As medidas de controle em vigor para reduzir ou limitar as exposições
- A melhor maneira de controlar possíveis exposições e proteger seus trabalhadores inclui criar e seguir um plano de gerenciamento de risco que incorpora a hierarquia de controles: eliminação, substituição, controles de engenharia, controles administrativos e equipamentos de proteção pessoal.

Um verdadeiro caminho para o sucesso é construir um programa de segurança que responda às mudanças rápidas do ambiente do mercado de nanomateriais. Um bom programa de segurança cria uma ponte entre as necessidades que são básicas para qualquer negócio: (1) gerar receita, (2) manter as pessoas seguras e (3) obedecer a lei. [tradução nossa]⁵³

⁵² NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Building a safety program to protect the nanotechnology workforce**: a guide for small to medium-sized enterprises. By Hodson L, Hull M. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2016b. (DHHS NIOSH Publication, n. 2016-102). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁵³ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Building a safety program to protect the nanotechnology workforce**: a guide for small to medium-sized enterprises. By Hodson L, Hull M. Cincinnati, OH: U.S. Department of

A fim de demonstrar a importância dada às nanos com finalidade de elaborar diretrizes e marcos regulatórios aptos para essas demandas específicas, apresenta-se o investimento econômico destinado a estas agências regulatórias e organismos estatais nos estudos com nanotecnologia, nos EUA, expondo o orçamento para 2017, no Programa Nacional dos EUA, NNI, que foi votado em 2016, propondo a estimativa orçamentária para 2017 de U\$ 1.4 bilhões de dólares, distribuídos em diversos institutos, como o NIOSH⁵⁴, NASA⁵⁵, EPA⁵⁶, dentre tantos outros órgãos, conforme a Tabela 2.

Portanto, é significativo o investimento econômico com tal abordagem de pesquisa, o que evidencia a clara preocupação das instituições americanas com o desenvolvimento responsável e seguro das nanotecnologias.

Outra instituição americana que possui alta envergadura no cenário de pesquisas nanotecnológicas é a *National Institutes of Health* (NIH), uma parte do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, agência de pesquisa médica do país, a qual desenvolve diversos estudos envolvendo medicina e saúde⁵⁷, e há mais de 10 anos produzindo pesquisas com nanotecnologia.

Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2016b. p. 24. (DHHS NIOSH Publication, n. 2016-102). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁵⁴ NIOSH, órgão americano que promove o desenvolvimento de novos conhecimentos no domínio da segurança e da saúde no trabalho e transfere esses conhecimentos para a prática. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **About NIOSH**. Atlanta, 2016a. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/about>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁵⁵ NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Washington, 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

⁵⁶ United States Environmental Protection Agency (EPA), agência americana que desenvolve projetos e estudos para proteção da saúde humana e meio ambiente. UNITED STATES. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁵⁷ NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Who we are**. Maryland, 2017. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

Tabela 2 – Orçamentos de 2015, Estimativa de 2016, Proposição para 2017

Table 2: NNI Budget, by Agency, 2015–2017 (dollars in millions)			
Agency	2015 Actual	2016 Estimated*	2017 Proposed
CPSC	2.0	2.0	4.0
DHS	28.4	21.0	1.5
DOC/NIST	83.6	79.5	81.8
DOD	143.0	133.8	131.3
DOE**	312.5	330.4	361.7
DOT/FHWA	0.8	1.5	1.5
EPA	15.1	13.9	15.3
DHHS (total)	385.8	405.0	404.4
FDA	10.8	12.0	11.4
NIH	364.0	382.0	382.0
NIOSH	11.0	11.0	11.0
NASA	14.3	11.0	6.1
NSF	489.8	415.1	414.9
USDA (total)	21.1	21.5	21.0
ARS	3.0	3.0	3.0
FS	4.6	4.5	4.0
NIFA	13.5	14.0	14.0
TOTAL***	1496.3	1434.7	1443.4

* 2016 numbers are based on 2016 enacted levels and may shift as operating plans are finalized.

** Funding levels for DOE include the combined budgets of the Office of Science, the Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (DOE-EERE), the Office of Fossil Energy, and the Advanced Research Projects Agency for Energy (ARPA-E).

*** In Tables 2–6, totals may not add, due to rounding.

Fonte: National Science and Technology Council⁵⁸.

A NIH é a agência de investigação médica do país, composta por 27 institutos e centros que financiam a pesquisa biomédica em todo os Estados Unidos e em todo o mundo para melhorar a saúde humana. Por mais de 7 anos, o NIH reconheceu o tremendo potencial da nanotecnologia como um foco científico que poderia transformar a nossa compreensão atual da biologia e nossa capacidade de prevenir e tratar doenças. O NIH patrocinou um simpósio nacional para avaliar o es-

⁵⁸ NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. Committee on Technology. Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology Committee on Technology. **The national nanotechnology initiative:** supplement to the President's 2017 Budget. Arlington: National Nanotechnology Coordination Office, Mar. 2016. p. 24. Disponível em: <<http://www.nano.gov>>. Acesso em 29 jul. 2017.

tado da ciência nessa área e aumentar a conscientização sobre o interesse do NIH em financiar aplicações de nanotecnologia para problemas biomédicos. A maioria das pesquisas de nanotecnologia no NIH é financiada por institutos individuais com missões de pesquisa específicas de doenças, tecnologia ou de pesquisa básica. O NIH investe mais de US\$ 200 milhões por ano na pesquisa em nanotecnologia, e muitos dos programas específicos do instituto são observados abaixo (consulte recursos de nanotecnologia). [tradução nossa]⁵⁹

Desenvolve a instituição protocolos originários de pesquisas específicas em nano (como o *Nano Task Force*⁶⁰, *Nanotechnology in Biology and Medicine*⁶¹, *Major NIH Programs*) com potencial autorregulatório, que viabiliza e fomenta a adoção destas diretrizes como marco regulatório.

Migrando ao cenário europeu, conforme introduzido anteriormente no ponto 2.1, temos inúmeras organizações internacionais que elaboram diretrizes norteadoras das nanotecnologias em destaque.

⁵⁹ NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Nanotechnology at the national institutes of health**. Maryland, [2007?]. p. 2. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶⁰ O NIH Nano Task Force, criado em 2006, é composto por vários grupos de trabalho encarregados do direcionamento de uma série de questões, incluindo o desenvolvimento de uma visão científica abrangente para a nanotecnologia no NIH; comunicando-se às comunidades públicas e científicas; compreendendo as implicações de saúde e segurança de nanomateriais; explorando questões éticas, legais e sociais; e analisando a pesquisa de carteira de nanociências do NIH. Os membros também representam o NIH em questões interinstitucionais federais e em reuniões internacionais e atividades relacionadas à nanotecnologia. NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Nanotechnology at the national institutes of health**. Maryland, [2007?]. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶¹ Este grupo estuda novos materiais que estão sendo desenvolvidos com utilidade única para detecção ultra-sensível de biomoléculas, para entrega (*delivery*) direcionada de agentes terapêuticos diretamente às células e tecidos afetados no corpo, promovendo a cura. Desenvolvem novos métodos de diagnóstico e tratamentos que estão emergindo da nossa capacidade crescente em controlar a síntese de materiais como pontos quânticos, dendrímeros e nanotubos e desenvolver métodos para otimizar as propriedades desses materiais em sistemas biológicos vivos. Paralelamente, aprendem como fazer nanomateriais que podem ser utilizados de forma segura e eficaz para muitos outros tipos de consumidores. NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Nanotechnology at the national institutes of health**. Maryland, [2007?]. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

A *European Chemicals Agency* (ECHA) publicou recentemente, em maio de 2017, o último estudo sobre melhores práticas para registrar e preparar dossiês com nanoformas⁶². Este documento tem como objetivo ajudar os usuários a cumprir suas obrigações no âmbito do regulamento do REACH, fazendo expressa menção, em que "(...) o texto do Regulamento REACH é a única referência legal autêntica" [tradução nossa]⁶³.

Já a REACH é regulação da União Europeia, focada na proteção da saúde humana e meio ambiente, na questão dos riscos com produtos químicos, os quais passaram a preocupar-se também com as nanotecnologias. Aponta-se como suas características:

REACH é uma regulação da União Europeia, adotada para melhorar a proteção da saúde humana e do ambiente contra os riscos que podem ser colocados pelos produtos químicos, ao mesmo tempo que aumenta a competitividade da indústria química da UE. Também promove métodos alternativos para a avaliação de perigos de substâncias, a fim de reduzir o número de testes em animais. Em princípio, o REACH aplica-se a todas as substâncias químicas; não apenas aqueles utilizados nos processos industriais, mas também no nosso cotidiano, por exemplo em produtos de limpeza, tintas e artigos, como roupas, móveis e eletrodomésticos. Por conseguinte, o regulamento tem um impacto sobre a maioria das empresas em toda a UE. A REACH coloca o ônus da prova nas empresas. Para cumprir o regulamento, as empresas devem identificar e gerenciar os riscos ligados às substâncias que fabricam e comercializam na UE. Eles têm que demonstrar à ECHA como a substância pode ser usada com segurança, e eles devem comunicar as medidas de gerenciamento de risco aos usuários. Se os riscos não puderem ser gerenciados, as autoridades podem restringir o uso de substâncias de maneiras diferentes. A longo prazo, as substâncias mais perigosas devem ser substituídas por outras menos perigosas. REACH significa Registro, Avaliação, Autorização e

⁶² EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **How to prepare registration dossiers that cover nanoforms: best practices.** Version 1.0. Helsinki, May 2017a. Disponível em: <DOI: 10.2823/128306>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶³ EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **How to prepare registration dossiers that cover nanoforms: best practices.** Version 1.0. Helsinki, May 2017a. p. 2. Disponível em: <DOI: 10.2823/128306>. Acesso em: 29 jul. 2017.

Restrição de Produtos Químicos. Entrou em vigor em 1 de junho de 2007. [tradução nossa]⁶⁴

Outro estudo relevante é *NanoSafetyCluster Research Regulatory Roadmap 2017*, com participação do co-autor, Prof. Dr. Wilson Engelmann, pesquisador JUSNANO e professor do Programa de Pós-Graduação – Mestrado e Doutorado da UNISINOS, encomendado pelo *Nanosafety Cluster-EU*. O *Cluster* é uma iniciativa da Direção-Geral da Investigação e Inovação da Comissão Europeia, que patrocina estes grandes projetos em nano. No geral, a Europa visa inovações de nanomateriais e nanotecnologias seguras e sustentáveis. Os projetos de cluster contribuem para assegurar a segurança e saúde ambiental *Environmental Health Safety (EHS)* desta tecnologia habilitadora chave⁶⁵.

O *roteiro regulatório da pesquisa*, publicado pelo cluster, identifica e descreve as principais atividades concluídas em iniciativas regulatórias das nanotecnologias pelo mundo, em curso e exigidas para o futuro, a fim de fornecer uma regulação eficaz e proporcional aos nanomateriais quando necessário. As principais atividades não apenas incluem pesquisa, mas também padronização e desenvolvimento de regulação. Dentro do *Research Regulatory Roadmap (RRR)*⁶⁶, identificam-se questões de segurança nano-relevante como um ponto de decisão fundamental, a fim de identificar se o refinamento dos regulamentos é realmente necessário. Esses problemas de segurança nano-relevantes podem relacionar-se com risco ou exposição e podem estar relacionados a propriedades físico-químicas. Referem que a rápida evolução deste campo significa que o conteúdo pode precisar de atualização com o tempo, e na verdade já planejam combinações dos resultados deste relatório com outras atividades, como o Roteiro para o Mercado, bem como considerar esses relatórios na gera-

⁶⁴ EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Understanding REACH**. Helsinki, 2017b. Disponível em: <<https://echa.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶⁵ EUROPEAN NANOSAFETY CLUSTER. **About the Nanosafety cluster**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.nanosafetycluster.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶⁶ STONE, Vicki et al. **NanoSafetyCluster Research Regulatory Roadmap 2017**. Research priorities relevant to development or updating of nano-relevant regulations and guidelines. [S.l.]: European NanoSafety Cluster, Mar. 9 2017b. Disponível em: <<https://www.nanosafetycluster.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ção para uma agenda da *NanoSafety Cluster Research*⁶⁷. Demonstra-se, assim, mais um documento relevante para fomento de acoplamento de instrumentos com potencial autorregulatório, conforme o próprio estudo defende.

Importante ressaltar-se o estudo *NANoREG Framework for the Safety Assessment of Nanomaterials*⁶⁸, publicado em abril de 2017, também no contexto das pesquisas da Comissão Europeia e do REACH.

O quadro NANoREG é o resultado de um esforço coletivo de especialistas de mais de 20 parceiros de projetos de organizações bem reconhecidas. Eles geraram, reuniram e relacionaram em um único documento, uma grande quantidade de informações de diversos Campos em EHS (environmental and health safety) de NMs. O documento foi concebido como um manual que os reguladores e a indústria possam consultar para entender o estado da arte na realização de avaliação de segurança de NMs no âmbito do REACH, incluindo problemas fechados e abertos. Ele também fornece estratégias de futuro para serem desenvolvidos a partir de uma perspectiva científica, o que poderia abrir caminho para um implementação eficiente e prática dos princípios REACH para NMs. [tradução nossa]⁶⁹

O trabalho do NANoREG objetiva a elaboração de protocolos e estudos relativos aos testes de nanomateriais, buscando regulação adequada, avaliando e criando métodos para análise dos efeitos na vida humana e meio ambiente, através do esforço conjunto de toda União Europeia e até mesmo do Brasil e Coreia:

⁶⁷ STONE, Vicki et al. **NanoSafetyCluster Research Regulatory Roadmap 2017**. Research priorities relevant to development or updating of nano-relevant regulations and guidelines. [S.l.]: European NanoSafety Cluster, Mar. 9 2017b. Disponível em: <<https://www.nanosafetycluster.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶⁸ GOTTARDO, Stefania; HUGUES, Crutzen; JANTUNEN, Paula (Ed.). NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials. **JRC Science for Policy Report**, Brussels, Apr. 2017. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁶⁹ GOTTARDO, Stefania; HUGUES, Crutzen; JANTUNEN, Paula (Ed.). NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials. **JRC Science for Policy Report**, Brussels, p. 124, Apr. 2017. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

The NANoREG project is aimed at developing and evaluating methods to test the effects of nanomaterials on Environment, Health and Safety (EHS), methods to assess the related risks and methods and concepts to take EHS aspects into account in an early stage of the development of new nanomaterials or new applications. In the project more than 85 partners from EU member states, associated states, the Republic of Korea and Brazil collaborate. The Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment coordinates the project. The total budget of the project is 50 million euro of which 10 million euro is provided by the EU (FP7 programme) and 40 million by member states, regions, partners and other parties. According to the original planning most of the R&D work of the project has been finalized before 1 September 2016. The process of reporting and approving of the deliverables however is still ongoing.⁷⁰

A Comissão Europeia também publicou um guia de proteção e segurança, intitulado *Guidance on the Protection of the Health and Safety of Workers from the Potential Risks Related to Nanomaterials at Work: Guidance for Employers and Health and Safety Practitioners*⁷¹. A European Nanosafety Cluster – conjunto de cientistas da União Europeia – publicou o estudo *Nanosafety in Europe 2015-2025: Towards Safe and Sustainable Nanomaterials and Nanotechnology Innovations*⁷².

Por fim, possível citar o trabalho da Agência de Proteção Ambiental da Dinamarca, intitulada *Melhor controle das nanos - resumo dos 4 anos da iniciativa dinamarquesa em nanomateriais*, com propósitos de desenvolver uma base de dados de produtos nano em cooperação com outros países. A agência dinamarquesa

⁷⁰ NANOREG. *A Common European Approach to the Regulatory Testing of Nanomaterials. 7 th Progress Report Executive Summary*. 11 22 version 1.0. [S.l.], 2016. p. 3. Disponível em: <<https://www.nanoreg.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁷¹ EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work**: guidance for employers and health and safety practitioners. [S.l.], Nov. 2014. (Employment, social affairs & inclusion). Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁷² SAVOLAINEN, Kai (Coord.). **Nanosafety in Europe 2015-2025**: towards safe and sustainable nanomaterials and nanotechnology innovations. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 2013. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

de Proteção Ambiental informou que, como parte da redação do decreto estatutário dinamarquês para registro de nanoproductos, uma série de reuniões com a França, a Bélgica e a Itália foram realizadas e trocas de experiências com a França aconteceram. Além disso, a Agência de Proteção Ambiental realizou uma reunião com a Agência Europeia dos Produtos Químicos. Foi decidido que o registro dinamarquês deve se concentrar em produtos nano para consumidores, considerando ainda que o registro francês é consideravelmente mais abrangente. Procuram ainda esclarecer sobre os possíveis efeitos das nanotecnologias no meio ambiente e vida humana, permitindo uma análise dos riscos, bem como buscam uma alternativa na questão de regulação nanoespecífica⁷³.

Assim, a conjuntura europeia de programas destinados à pesquisa e elaboração de diretrizes, normativas, protocolos ou orientações, com potencial autorregulatório se mostra contundente e ativa no tema marcos regulatórios, bem como contribui de maneira fundamental para aprofundamento das diversas demandas complexas de nanotecnologias, como definição, caracterização, avaliação de risco, gestão, dentre outros.

Portanto, a avaliação e standardização é feita inúmeras organizações, em diversos países, trazendo maiores recursos de análise de risco, caracterização, definição, mensuração, e categorizando nanomateriais, bem como elencando produtos que contém nanotecnologia. Tal trabalho é muito importante em ordem de garantir uma implementação efetiva de nanoregulação e particularmente do nanowaste⁷⁴.

Especificamente sobre nanowaste as autorregulações e diretrizes são ainda mais escassas. Em nível internacional,

⁷³ CHRISTENSEN, Frans Møller et al. **Better control of nanomaterials**: summary of the 4-year Danish initiative on nanomaterials. Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency, 2015. (Environment protect, n. 1797). Disponível em: <<http://www2.mst.dk>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

⁷⁴ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

Vale a pena notar que normas técnicas regulando nanotecnologias e nanomateriais não são numerosas. Em particular, existem três principais instituições internacionais de referência: the ISO, the International Electrical and Electronics Engineers (IEEE), e a OECD. [tradução nossa]⁷⁵

Nesse sentido, a exploração de pesquisas das nanos encontra-se por uma série de agências reguladoras, órgãos internacionais e governamentais, as quais analisam o risco e podem auxiliar na regulação interna do país brasileiro, afirma Engelmann⁷⁶:

Já existe um grande número de normativas, produzidas por várias agências e órgãos internacionais, sobre as nanotecnologias e a gestão dos seus riscos. Essas diretrizes, recomendações, avaliações de riscos, entre outros formatos, deverão ser aproveitados pelos países do bloco para geração do seu marco normativo. O controle de convencionalidade das decisões a serem tomadas entra em cena, visando assegurar as características peculiares do conjunto dos países.

Na sequência, elenca diversos organismos que produzem instrumentos com potencial autorregulatório (alguns inclusive apresentados anteriormente), após explicar sua formulação sobre o diálogo entre as fontes do Direito, no contexto das nanos:

A figura mostra como é desenhado o diálogo entre as fontes do Direito: nos variados anéis se encontram as fontes do Direito interno de cada país, além das normas internacionais, onde se localizam, por exemplo, as normas já produzidas pelos seguintes órgãos: National Institute for Health (NIH) dos Estados Unidos, National Science Foundation (NSF), ISO, OCDE, ASTM, CEN, British Standards Institution (BSI), União Europeia: Comissão Europeia e Parlamento Europeu, European Medicines Agency, Co-Nanomet (Europa), REACH,

⁷⁵ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 213, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

⁷⁶ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina**: desafios do século XXI. Curitiba: Multideia, 2015. p. 106.

Nanotechnologies Industries Association (NIA), FDA, European Agency for Safety and Health at Work; OSHA – Occupational Safety and Health Administration, Health Canadá, National Nanotechnology Initiative (NNI), NIOSH, SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), Nanoforum, Comitê de medidas de Segurança para nanomateriais do Japão, ANF-Asia Nano Forum, Chinese Academy of Sciences, SAICM e International Council on Nanotechnology-ICON.⁷⁷

Na mesma senda publica o relatório da ABDI, afirmando que na atualidade várias organizações internacionais estão avaliando informações e publicando guias em relação à segurança de nanomateriais com vistas a implementação de marcos regulatórios. No presente documento encontram-se sistematizadas as principais publicações e recomendações de diferentes países e organizações, incluindo o Brasil, o Japão, o Canadá, os EUA, a União Europeia e a OECD. No Brasil, o MDIC promove o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia desde novembro de 2009⁷⁸.

Como apresentado até o momento, inúmeras são as organizações que publicam instrumentos com potencial regulatório na avaliação de riscos e segurança de efeitos dos nanomateriais. São guias, orientações, protocolos, avaliações, todos eles oriundos de pesquisas específicas acerca dos efeitos dos nanomateriais e interação na vida humana e meio ambiente. Cada estudo poderia levar à determinada tomada de decisão, minimizando os riscos, e realizando a gestão.

Desta forma, latente as inúmeras diretrizes geradas a partir de estudos específicos sobre nanotecnologia, que através da adoção ou acoplamento destes instrumentos com potencial autorregulatório, poderiam regular as nanos, principalmente a questão da destinação final do *nanowaste*. No próximo tópico desta inves-

⁷⁷ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina**: desafios do século XXI. Curitiba: Multideia, 2015. p. 116-117.

⁷⁸ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório de acompanhamento setorial**: nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. Brasília, DF, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

tigação, será apresentada especificamente a OECD, que elaborou pesquisa específica sobre os resíduos nanotecnológicos, instrumento este que demonstrar-se-á como apto para adoção de marco autorregulatório.

3.3. Definindo a OECD: Organização Internacional Referência no Estudo do *Nanowaste* e seu Protocolo de Tratamento dos Resíduos Nanotecnológicos e Diretrizes

Como o objeto deste estudo é a adoção de marco autorregulatório para a destinação adequada do *nanowaste*, urge que se apresente aquele organismo que tem papel fundamental na área, sendo este a OECD. Tal instituição realizou estudo específico sobre o comportamento dos resíduos nanotecnológicos com o meio ambiente, através dos tratamentos disponíveis de lixo, apresentando um resultado final acerca dos riscos. Portanto, este ponto da pesquisa vislumbra aprofundar-se na organização da OECD, analisando o protocolo de *nanowaste*, com o intuito de demonstrar a sua utilização como marco autorregulatório, fundado no Pluralismo Jurídico de Teubner⁷⁹.

Conforme vem se delineando esta investigação, a organização internacional da OECD tem papel de destaque em nível global nas pesquisas e elaboração de instrumentos com potencial autorregulatório na área das nanotecnologias, principalmente no objeto deste livro, *nanowaste* e destinação final.

Neste ponto abordar-se-á as principais características da instituição, demonstrando sua inserção no debate das nanos, interação com demais países, e ainda apontando suas principais diretrizes, pesquisas e protocolos que poderiam auxiliar nas demandas mais complexas enfrentadas neste contexto de inovação e novas tecnologias.

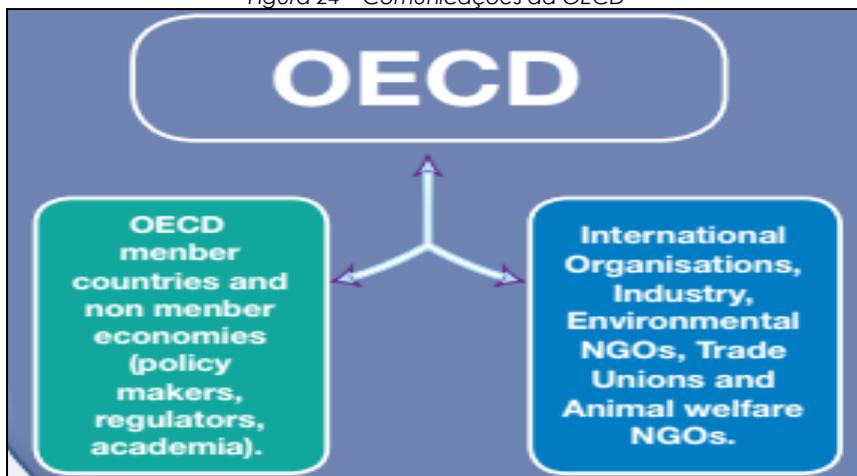
Apresentando sua definição, observa-se que

⁷⁹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização intergovernamental, cujo objetivo é promover políticas para crescimento econômico sustentável e emprego. Por 'crescimento econômico sustentável', o OCDE significa crescimento que equilibra considerações econômica, social e ambiental. A OCDE está regularmente envolvendo não apenas seus países membros, mas também economias emergentes chaves, outras organizações internacionais e partes interessadas como ONGs ambientais, trabalhistas, industriais e grupos de assistência social de animais.⁸⁰

A Figura 24 representa a comunicação entre a OECD, seus membros e demais instituições governamentais internacionais, ONG'S, e outros interessados:

Figura 24 – Comunicações da OECD



Fonte: OECD⁸¹.

⁸⁰ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Six years of oecd work on the safety of manufactured nanomaterials: achievements and future opportunities.** Paris, 2012b. p. 3. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁸¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Six years of oecd work on the safety of manufactured nanomaterials: achievements and future opportunities.** Paris, 2012b. p. 3. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

Importante entender a origem da instituição. Fundada 1961, a OCDE tem sido assessora de políticas e pioneira em questões importantes para seus países membros. São orientações políticas baseadas em evidências, com avaliação de estudantes em mais de 70 países e revisões em vários domínios. Auxilia os tomadores de decisões políticas e as partes interessadas a prosseguir a sua agenda de reformas. Ressalta-se na OECD o pioneirismo no trabalho sobre mudanças climáticas e uso de instrumentos econômicos para alcançar os objetivos do meio ambiente fornecem ferramentas úteis para juntar uma pegada verde e crescimento. Ademais, possui mecanismos e projetos desde 2011 para a implementação da estratégia de crescimento verde dos membros da OCDE. Ao longo das últimas cinco décadas, a organização também definiu padrões reconhecidos globalmente e estabeleceu processos efetivos para garantir sua implementação⁸².

A OECD apresenta-se com o seguinte engajamento:

A missão da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é promover políticas que melhorem o bem-estar econômico e social das pessoas em todo o mundo. A OCDE fornece um fórum no qual os governos podem trabalhar juntos para compartilhar experiências e buscar soluções para problemas comuns. Trabalhamos com os governos para entender o que impulsiona a mudança econômica, social e ambiental. Medimos a produtividade e os fluxos globais de comércio e investimento. Analisamos e comparamos dados para prever tendências futuras. Nós estabelecemos padrões internacionais em uma ampla gama de coisas, da agricultura e impostos à segurança de produtos químicos. Com base nos fatos e na experiência da vida real, recomendamos políticas destinadas a melhorar a qualidade da vida das pessoas. Trabalhamos com negócios, através do Comitê Consultivo de Negócios e Indústria para a OCDE e com o trabalho, através do Comitê Sindical Consultivo. Temos também contatos ativos com outras organizações da sociedade civil. O fio comum do nosso trabalho é um compromisso compartilhado com economias de mercado res-

⁸² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Better policies for better lives.** The OECD at 50 and beyond. Paris, 2011. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

paldadas por instituições democráticas e focadas no bem-estar de todos os cidadãos. [tradução nossa]⁸³

Originalmente, em 1960, a OECD foi fundada quando 18 países europeus mais os EUA e o Canadá uniram forças para criar uma organização dedicada ao desenvolvimento econômico. Hoje, conta a instituição com 35 países membros abrangendo o mundo, da América do Norte e do Sul, Europa e Ásia-Pacífico. Eles incluem muitos dos países mais avançados do mundo, mas também países emergentes como México, Chile e Turquia. Trabalham ainda em estreita colaboração com economias emergentes, como a República da China, Índia e Brasil, bem como economias em desenvolvimento da África, Ásia, América Latina e Caribe⁸⁴. De maneira ilustrativa, apresenta-se a Figura 25 com a lista atual dos membros ao redor do globo:

Figura 25 – Associação Atual de Países

CURRENT MEMBERSHIP			
> Australia	> France	> Korea	> Slovak Republic
> Austria	> Germany	> Latvia	> Slovenia
> Belgium	> Greece	> Luxembourg	> Spain
> Canada	> Hungary	> Mexico	> Sweden
> Chile	> Iceland	> Netherlands	> Switzerland
> Czech Republic	> Ireland	> New Zealand	> Turkey
> Denmark	> Israel	> Norway	> United Kingdom
> Estonia	> Italy	> Poland	> United States
> Finland	> Japan	> Portugal	

Fonte: OECD⁸⁵.

Portanto, latente a influência da organização em diversos países que a compõem, e nos demais sistemas, bem como concreto o potencial, empenho e mecanismos empregados no de-

⁸³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)**. Paris, 2017c. Disponível em: <<http://www.oecd.org/about/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁸⁴ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD Home. **Members and partners**. Paris, 2017b. Disponível em: <<http://www.oecd.org/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁸⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD Home. **Members and partners**. Paris, 2017b. Disponível em: <<http://www.oecd.org/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

envolvimento de estudos específicos com a finalidade de aprofundar a pesquisa nas mais variadas áreas, mas importante para esta investigação, nas nanotecnologias e *nanowaste*. Desde então, a organização tem publicado diversos estudos específicos sobre nanotecnologias e setores de impacto, que produzem guias, diretrizes, orientações e protocolos, ou seja, instrumentos com potencial autorregulatório, os quais poderiam ser utilizados como marco para regulação das nanotecnologias.

Em 2009 publicou *O Painel de Avaliação da Ciência, Tecnologia e Indústria da OCDE 2009* [tradução nossa]⁸⁶, juntando os últimos dados internacionalmente daquele momento, comparando-os para explorar os desafios globais enfrentados pela OCDE e outras economias líderes depois da crise econômica. Baseia-se principalmente em bancos de dados, indicadores e metodologia da OCDE, desenvolvido pela direção de ciência, tecnologia e indústria, e concentra-se em cinco áreas-chave da política interesse. Nesta produção, já apontava para áreas de novo crescimento e destaca as patentes em nanotecnologia e nanociência⁸⁷.

Tendo em vista que a presente investigação trata de resíduos nanotecnológicos, com o recorte do objeto do *nanowaste* ao solo, importante a abordagem destacada em outra pesquisa da OECD, para aplicar nanotecnologias em produto de alto consumo e grande descarte no meio ambiente, que são os pneus, intitulado *Nanotecnologias e Pneus: Indústria Ecológica e Transporte* [tradução nossa]⁸⁸. Explana a organização que este campo avança rapidamente e tem o potencial de impacto industrial, no desenvolvimento econômico, meio ambiente e sociedade a nível global. Refere que os benefícios esperados devem ser significativos, com aplicações potenciais que poderiam ajudar a abordar

⁸⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**. Paris, 2009. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁸⁷ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**. Paris, 2009. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁸⁸ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres: Greening Industry and Transport**. Paris, July 18 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

grandes desafios globais, tais como produção de energia sustentável, provisão de água, cuidados de saúde e até mesmo nas alterações climáticas⁸⁹.

Primando pelo crescimento sustentável e desenvolvimento da indústria com nanotecnologia, em conjunto com o potencial avanço tecnológico, afirma a OECD que,

(...) no entanto, o campo da nanotecnologia abrange uma variedade de diferentes desenvolvimentos tecnológicos em nanoescala e uma infinidade de aplicações potenciais em muitos setores industriais e áreas de atuação. Isso torna difícil categorizar e, de fato, para analisar e aperfeiçoar políticas de ciência e tecnologia, investimento, comercialização e regulação. Através deste estudo sobre Nanotecnologia e Pneus: Indústria Ecológica e Transportes, o Grupo de Trabalho da OCDE sobre Nanotecnologia (WPN) e o Grupo de trabalho de nanomateriais manufaturados (WPMN) espera avançar o debate político por considerar uma ampla gama de questões relativas ao crescimento sustentável e ao desenvolvimento responsável da nanotecnologia na perspectiva de uma única aplicação de nanotecnologia em um produto consumidor de massa: pneus. [tradução nossa]⁹⁰

Outro enfoque levado à sério pela OECD é o crescimento verde e meio ambiente, onde se preocupam em orientar seus estados-membros quanto à implementação de regulações e tomada de decisões políticas vislumbrando a redução das emissões globais de gases de efeito estufa e proteção dos ativos ambientais (ar puro, água, biodiversidade). Tal passo exige inovação e adoção em larga escala de tecnologias verdes. Caso contrário, será muito difícil e muito caro sustentar as trajetórias de crescimento das últimas décadas. Os governos da OCDE e as economias emergentes, portanto, vêm as atividades de P & D e incentivos

⁸⁹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres:** Greening Industry and Transport. Paris, July 18 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁹⁰ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres:** Greening Industry and Transport. Paris, July 18 2014. p. 3. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264209152-en>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

para a difusão e adoção de tecnologias verdes como uma prioridade. Afirmam ainda que existem programas de energia renovável, que buscam reduzir o GEE e a dependência do petróleo (o preço que recentemente aumentaram acentuadamente)⁹¹.

Desta forma, a OECD atua internacionalmente nas mais variadas frentes econômicas, ligadas às políticas de inovação e tecnologia, de maneira que passaram a abordar as nanotecnologias há mais de 10 anos, alertada pela preocupação do risco e efeitos no meio ambiente e vida humana.

A segurança dos nanomateriais manufaturados é uma preocupação importante que impacta o corpo regulatório em todo o mundo. Devido ao seu tamanho, nanomateriais fabricados podem exigir testes adicionais além do conjunto padrão de testes utilizados para outros produtos químicos, para garantir que o impacto sobre a saúde humana e do ambiente é totalmente compreendido⁹². Tal preocupação refletiu na OECD, que passou a elaborar uma série de estudos específicos sobre nanomateriais e nanosegurança. O debate das nanotecnologias passou a ter destaque na organização, preocupados com ausência de mecanismos de controle e regulatórios.

Observa-se que a regulação adequada e eficaz dos nanomateriais requer uma ênfase imediata na prevenção da exposição conhecida ou potencial dos nanomateriais perigosos ou daqueles que não foram comprovados como seguros. Isto é essencial para o público e os trabalhadores da indústria, porque alguns nanomateriais representam ameaças potenciais e muitos outros não estão sendo estudados. As nanopartículas livres (nanomateriais que estão no ar) merecem especial preocupação, pois é provável que possam entrar no corpo, reagir com as células, e causar danos aos tecidos. As nanopartículas integradas ou encapsuladas em massa também são uma preocupação. Os trabalhadores po-

⁹¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD science, technology and industry outlook 2012: highlights**. Paris, 2012a. Disponível em: <<https://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

⁹² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD. **Testing programme of manufactured nanomaterials**. Paris, 2017a. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

dem estar expostos a esse tipo de partículas ou materiais durante o processo de produção, enquanto o público e o meio ambiente podem ficar expostos aos resíduos destinados ao descarte ou à reciclagem⁹³.

Os nanomateriais criam imensas dificuldades na aplicação dos sistemas de proteção ambiental. As agências carecem de ferramentas e mecanismos adequados para detectar, monitorar, medir e controlar a produção de nanomateriais, e muito menos os meios para removê-los do meio ambiente. As empresas, usando o argumento do segredo industrial e da confidencialidade da informação empresarial, não fornecem os dados necessários ao governo e ao público em geral. A avaliação dos riscos, a negligência, os parâmetros da toxidez e os limites mínimos de regulação utilizados pelas leis ambientais em muitos países, incluindo os Estados Unidos, a União Europeia e o Brasil, são projetados com base nos parâmetros de toxidez de material em massa (Bulk). As medidas utilizadas na legislação vigente, tais como a relação entre massa e exposição, são insuficientes para os nanomateriais. As leis existentes não dispõem de uma análise do ciclo e não conseguem identificar e regular as lacunas legais. A gestão da sustentabilidade ambiental dos nanomateriais envolve a direção e a correção destas falhas.⁹⁴

Portanto, dado o movimento recente sobre estudos relacionados ao *nanowaste* e impactos no meio ambiente, face a preocupação com os (possíveis) danos (futuros) destes resíduos, despertou na OECD a mesma inquietação, iniciando a organização

⁹³ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁹⁴ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. p. 7. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

uma série de estudos de nanomateriais, segurança a vida humana e meio ambiente, bem como ao ponto do *nanowaste*⁹⁵.

Cientistas estão atentos aos riscos que permeiam estas novas tecnologias, de modo que a grande produção em nanoescala, acarreta o maior descarte de resíduos nanotecnológicos no ambiente. Baseado nesta preocupação, Boldrin et al. apresentaram modelo de gerenciamento do *nanowaste*, testando a interação de nanomateriais no tratamento de resíduos, escolhendo 3 materiais para o teste⁹⁶:

A definição de *nanowaste* foi melhorada, para refletir melhor as características do moderno gerenciamento de resíduos e fornecer orientação aprimorada em relação à gestão especial de nanoresíduos, bem como uma definição regulatória de valores-limite e relatórios de dados. Com base nesta definição, um quadro de cinco etapas para a avaliação sistemática da potencial exposição de nanomateriais no meio ambiente foi proposto e discutido: (1) a quantificação de *nanowaste*, (2) a avaliação das propriedades da matriz e tratamento de *nanowaste*, (3) a avaliação de propriedades físico-químicas da nanoestrutura, (4) a avaliação dos processos de transformação e lançamento de ENMs e (5) avaliação de potencial exposição. A estrutura foi aplicada a três selecionados nanoprodutos (têxteis de poliéster, loção protetora solar e raquetes de tênis), indicando que quantidades consideráveis desses nanoprodutos entraram no sistema de gestão de resíduos em 2011. [tradução nossa]⁹⁷

⁹⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams**: current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

⁹⁶ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, v. 16, n. 6, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

⁹⁷ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, v. 16, n. 6, p. 16, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

Elaborada a pesquisa, concluiu Boldrin⁹⁸ que

(...) baseado no quadro de avaliação, o potencial de exposição ao meio ambiente de resíduos sólidos relacionados aos três nanoprodutos foi identificado como: médio (têxteis de poliéster), médio (creme de proteção solar) e baixo (raquetes de tênis). Os principais desafios em relação a mais pesquisa em nanomateriais e resíduos foi identificada como (1) transformação de nanomateriais dentro de tecnologias de tratamento de resíduos, (2) mecanismos de liberação em condições relevantes para eliminação de resíduos, (3) avaliação de exposição realizada a nível local dentro de um contexto preciso, (4) a caracterização de nanowaste e o desenvolvimento de métodos analíticos apropriados e (5) uma definição de regulação apropriada de valores limite e relatórios de dados de nanowaste. [tradução nossa]

Fundadas pelas preocupações demonstradas e constatada esta lacuna científica, a OECD organizou o grupo *Work Party Manufactured Nanomaterials* (WPMN)⁹⁹, para garantir que os testes utilizados para tratar a segurança dos Nanomateriais Manufaturados sejam consistentes e defensáveis. A união de esforços da organização, então chamada *Grupo de Trabalho sobre Nanomateriais Manufaturados – WPMN* [tradução nossa] da OCDE lançou em novembro de 2007 o Programa de Patrocínio para testes de nanomateriais manufaturados (programa de testes). Este programa verifica os métodos de teste usados em nanomateriais manufaturados, reunindo os conhecimentos de países membros da OCDE, e outras partes interessadas para financiar os testes de segurança de nanomateriais fabricados específicos¹⁰⁰.

Ao lançar este programa de teste, o WPMN concordou com uma lista de prioridade de 11 nanomateriais manufaturados para

⁹⁸ BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, v. 16, n. 6, p. 16, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

⁹⁹ Ou Grupo de Trabalho sobre Nanomateriais Manufaturados [tradução nossa].

¹⁰⁰ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD. **Testing programme of manufactured nanomaterials**. Paris, 2017a. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

testes com base em materiais que estão em, ou perto de uso comercial. O resultado deste programa de teste foi o primeiro de sua colaboração de tipo entre o governo, indústria e academia na geração de dossiês de teste para informar os usos futuros e preocupações de segurança de nanomateriais engenheirados¹⁰¹.

Dentro deste cenário de atenção às nanos, a OECD vem desenvolvendo então uma série de estudos específicos na área, promovendo aprofundamento na definição dos nanomateriais, avaliação do risco e gestão, análise de impactos na saúde e meio ambiente, dentre outros, e para esta investigação em especial, urge que seja citado a pesquisa sobre *nanowaste* e sua destinação final¹⁰², conforme introduzido no capítulo 3.

A pesquisa da OECD na área das nanotecnologias foca seus questionamentos na procura por respostas adequadas quanto aos resíduos de produção em nano escala, ou seja, o descarte final de nanomateriais, em virtude desta enorme produção, sem qualquer cuidado quanto ao descarte¹⁰³.

A organização afirma que

Este relatório tem como objetivo fornecer uma visão geral do estado atual dos conhecimentos científicos nesta área, bem como as lacunas de conhecimento. Investiga a literatura sobre o destino e possíveis impactos de nanomateriais em processos específicos de tratamento de resíduos, incluindo reciclagem, incineração, aterro e processos de tratamento de águas residuais. Também destaca mensagens-chave, áreas de pesquisa futuras e possíveis abordagens para apoiar efe-

¹⁰¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD. **Testing programme of manufactured nanomaterials**. Paris, 2017a. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

¹⁰² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁰³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

tivamente a gestão sustentável de nanomateriais. [tradução nossa]¹⁰⁴

Esta publicação foi desenvolvida pelo Comitê de Política Ambiental da OCDE por meio de sua Grupo de Trabalho sobre Produtividade e Desperdício de Recurso. Os capítulos individuais foram desenvolvidos por especialistas técnicos de Suíça, Alemanha, Canadá e França¹⁰⁵.

Assim, justificou-se a pesquisa ante a produção crescente em nano escala, a fim de avaliar processos de tratamento de resíduos, relacionando-os aos nanomateriais, com a finalidade de minimizar os riscos existentes, retirando de evidência literárias em específicos tratamentos de lixos (resíduos), como na reciclagem, incineração, disposição de lixo em aterros e tratamento de água:

This raises the question as to whether existing waste treatment processes are able to effectively minimise the risks that may be linked to ENMs. This report surveys the available evidence from the literature for four specific waste treatment processes: recycling, incineration, landfilling and wastewater treatment, and identifies the current state of knowledge on the fate and possible impacts of ENMs in these processes.¹⁰⁶

Antes de apresentar as conclusões do estudo, importante ainda citar os possíveis vazamentos de nanopartículas quando da manipulação nos tratamentos, demonstrando o risco constante desde o início do ciclo de vida até o momento do descarte (Figura 26):

¹⁰⁴ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. p. 5. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁰⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁰⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. p. 13. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Figura 26 – Possíveis Rotas de Vazamento de ENMs em Operações de Tratamento de Resíduos

Waste treatment processes	Possible leakage routes
Recycling	<ul style="list-style-type: none"> ● Imbedded in secondary materials
Incineration	<ul style="list-style-type: none"> ● Flue gas emissions to the environment ● Fly ash and bottom ash to landfills ● Fly ash and bottom ash to storage facilities ● Bottom ash to industrial applications (e.g. roads)
Landfilling	<ul style="list-style-type: none"> ● Landfill gas emissions to the environment ● Landfill surface emissions to the environment ● Leachate to leachate treatment facilities ● Leachate to wastewater treatment facilities
Wastewater treatment	<ul style="list-style-type: none"> ● Emissions to surface water ● Wastewater sludge to incinerators ● Wastewater sludge to landfills ● Wastewater sludge to agriculture applications

Fonte: OECD¹⁰⁷.

Portanto, através da Figura 26 é possível constatar que existe possibilidade de diversos vazamentos de nanopartículas em operações de resíduos nanotecnológicos, na reciclagem através de contato secundário em outros materiais; na incineração pelas emissões de gás no meio ambiente, cinzas de fundo para aterros sanitários, cinzas de fundo para instalações de armazenamento; nos aterros sanitários com emissões de gases para o meio ambiente, e emissões de superfície do aterro para o meio ambiente; e no tratamento de águas residuais com emissões para águas superficiais, do lodo de efluentes para incineradores, do lodo de águas residuais para aterros sanitários, do lodo de águas residuais para aplicações agrícolas¹⁰⁸. Por esta razão, a gestão dos *nanowaste* deve ser levada à sério, pois em todos os processos de tratamento de resíduos, a contaminação de nanopartículas ao meio ambiente é maior, ante o tamanho atômico das partículas.

Aprofundando o estudo sobre os riscos e interações dos resíduos nanotecnológicos, a pesquisa do *nanowaste* forneceu uma revisão da literatura dos quatro processos específicos de trata-

¹⁰⁷ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. p. 22. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁰⁸ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

mento dos resíduos: a) reciclagem, b) incineração, c) deposição em aterro e d) tratamento de águas residuais, vislumbrando desmistificar o estado atual do conhecimento sobre o destino e possíveis impactos dos produtos em nano escala nestes processos¹⁰⁹. Desta maneira, o estudo demonstrou a clara preocupação em verificar qual a quantidade de resíduos de nanotecnologia nas principais técnicas de tratamento, bem como qual seria seu impacto sobre a eficácia de tais processos.

A partir da análise do protocolo, é possível destacar, de maneira didática, as principais conclusões acerca dos tratamentos do *nanowaste*, presente em quatro formas de gestão de resíduos, apresentado pelo Quadro 3 construído:

Quadro 3 – Relação entre a Categoria de Tratamento de Resíduos X Explicação da Técnica com o Resultado em Nanomateriais

Categoria de tratamento de resíduos contendo nanomateriais	Explicação dos respectivos tratamentos de resíduos com nanomateriais e resultados
Reciclagem	Neste processo seria possível a separação dos materiais em nano escala. O problema é a identificação dos que são (e não são) produzidos em nano escala. Observa-se neste procedimento que pode ocorrer a poeira na manipulação dos resíduos com nanopartículas, e desta forma seriam necessárias condições específicas de segurança de trabalho, tanto para prevenir o contato humano quanto com o meio ambiente. Resultado: o destino dos nanomateriais em processo de reciclagem não é claro em virtude dos desafios na exposição dos produtos com nano escala, em relação ao ambiente real de trabalho.
Incineração	Os resíduos são misturados e tratado termicamente em instalações de incineração. Ocorre que as partes inflamáveis são destruídas, os quais deixam partículas não destruídas na câmara de combustão. Desta forma seriam necessários modernos filtros e procedimentos de limpeza específicos. Poderia reduzir a quantidade dos resíduos perigosos. Entretanto, não existem muitas informações sobre a influência da limpeza em relação aos às nano partículas que persistem nas chaminés. E este seria o pior caso, onde

¹⁰⁹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

	<p>persistem as partículas não destruídas, que permaneceriam assim no ambiente.</p> <p>Resultado: o estudo revela que poderia ser capturada uma parcela significativa de nanopartículas, desviando-as em cinzas volantes e cinzas. Mas a remoção das partículas restantes e sua eficiência foi relatada de formas diversas em vários estudos. Ainda, mesmo com este tratamento, 20% do total do material não seria alcançado e passaria pelo método, o que exigiria mecanismos preventivos adicionais.</p>
<p>Tratamento de águas residuais</p>	<p>Os produtos com nanomateriais podem liberar partículas durante sua utilização, bem como em contato com a água. Exemplo disso é a lavagem de roupas em máquinas. Assim, os nanomateriais podem ser encontrados nos tratamentos de águas residuais, inclusive no lodo incinerado e utilizado como fertilizante para a agricultura. Portanto, a ausência de conhecimento existe no que tange aos impactos ambientais decorrentes de utilização deste lodo como fertilizante.</p> <p>Resultado: na investigação de alguns tipos de produtos em nano escala em estações de água piloto, constatou-se que foram capazes de desviar e capturar 80% de nanomateriais em massa em lama sólida, mas o restante dos resíduos com nanopartículas permaneceriam nas águas superficiais.</p>
<p>Deposição em aterros</p>	<p>A deposição em aterros de resíduos com nanomateriais não tratados (biodegradáveis) é o principal resíduo, pois é a técnica de gestão mais utilizada pelos países. Dependendo de como e onde o aterro está e é organizado, as nanopartículas podem deixar o aterro por emissão na atmosfera, água e ainda no solo.</p> <p>Resultado: aqui se assemelha ao caso do tratamento da água, em que a captura se daria ante a agregação ou aglomeração com matéria orgânica e bactérias. Mas no caso específico da eficácia dos forros dos aterros na manutenção dos nanomateriais para o meio ambiente, os resultados são contraditórios, e a extensão em que as superfícies do aterro ou gás para liberação não foi estudada com profundidade.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em OECD¹¹⁰.

¹¹⁰ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Fundado nesta pesquisa específica do *nanowaste*, aliado ao Princípio da precaução, levando-se em consideração todos os documentos produzidos pela organização sobre nanosegurança, saúde humana e ambiental, possíveis danos ao ecossistema, a OECD repassa ainda a seguinte orientação específica:

Nas instalações de reciclagem, onde os trabalhadores podem estar expostos a ENMs através da trituração, Processos térmicos e de desmantelamento, os trabalhadores podem ser protegidos através de uma série de medidas de segurança como:

1. Medidas técnicas (minimizando o pó através da vedação, extração, filtragem, isolamento e ventilação, uso de limpeza por pano úmido alterando soprando etc.),
2. Medidas organizacionais (minimizar o tempo de exposição, minimização das pessoas expostas, restrição de acesso e instruções de pessoal sobre riscos e medidas de proteção), e
3. Medidas pessoais (proteção respiratória com filtros de partículas, luvas de proteção, fechadas, óculos de proteção, roupa de proteção etc.). [tradução nossa]¹¹¹

Desta maneira, o estudo demonstrou a clara preocupação em verificar qual a quantidade de resíduos de nanotecnologia nas principais técnicas de tratamento, bem como qual seria seu impacto sobre a eficácia de tais processos. Aqui há um conjunto de orientações práticas que deverão nortear o processo de destinação e tratamento dos resíduos gerados a partir da nano escala.

O processo de conhecimento não fica restrito apenas ao setor da pesquisa e industrial, mas deverá atingir o consumidor, promovendo uma adequada organização do lixo doméstico gerado. Por fim, mesmo com estes procedimentos de tratamento implementados, ainda há um certo grau de incerteza associado à sua disposição final, exigindo mais pesquisas nessa área. Mesmo com o conhecimento sobre o destino dos resíduos contendo nanomateriais, e sendo as instalações de tratamento de resíduos susceptíveis de recolher, desviar ou eliminar uma grande parte dos nanomateriais destes fluxos de resíduos, outra boa parte, e muitas vezes as mais

¹¹¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. p. 22. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

suscetíveis ao contato com meio ambiente, fogem ao controle destes processos, e podem ser lançados como emissões¹¹².

Entretanto, não se pode desconsiderar o êxito alcançado com os protocolos, pois certamente minimizam de alguma forma os possíveis danos e riscos ao meio ambiente. Fica claro diante deste quadro apresentado que se enfrenta uma grande preocupação, pois até mesmo os mais elaborados protocolos, neste caso da OECD, não são suficientes frente ao enorme risco que desencadeiam as nanotecnologias. O que justifica mais ainda a utilização conjunta dos nortes fornecidos pelo Princípio da Precaução.

Numa análise da conjuntura europeia, quanto ao avanço na definição, protocolos e avaliação de risco dos nanomateriais, observa-se o reconhecimento do REACH quanto ao valioso trabalho da OECD, afirmando que

Atualmente, não há diretrizes de teste finalizadas e reconhecidas para testar adequadamente os perigos potenciais dos nanomateriais. No entanto, o REACH inclui referência aos padrões da Organização para a cooperação e desenvolvimento econômicos (OCDE). O grupo de trabalho da OCDE sobre nanomateriais fabricados (WPMN) está coordenando testes de 59 pontos finais em um conjunto de nanomateriais fabricados, a fim de avaliar a aplicabilidade das diretrizes de teste existentes da OCDE para nanomateriais e determinar se a comparabilidade dos testes pode ser confirmada. Todos os testes realizados sob sua revisão estão aplicando as diretrizes de teste da OCDE, em conjunto com os princípios da OCDE, tais como boas práticas de laboratório (GLP), a fim de garantir o reconhecimento mútuo das restituições a nível mundial. [tradução nossa]¹¹³

O financiamento inadequado e a falta de ênfase governamental na pesquisa sobre os riscos para a saúde têm sido os fato-

¹¹² ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹¹³ AZOULAY, David; BUONSANTE, Vito. Regulations of nanomaterials in the EU: proposed measures to fill in the gap. **European Journal on Risk Regulation**, Berlin, v. 5, n. 2, p. 233-234, June 2014. Disponível em: <<https://www.cambridge.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

res que permitiram a atual situação em que algumas pessoas estão expostas diariamente aos nanomateriais, apesar da variada informação sobre os riscos crônicos e a longo prazo decorrentes da exposição a esses materiais. As pessoas que pesquisam, desenvolvem, fabricam, embalam, manuseiam, transportam, usam e descartam nanomateriais serão os mais expostos e, conseqüentemente, os mais propensos a sofrer os danos potenciais à sua saúde. Por esta razão, a proteção do trabalhador deve ser um componente essencial previsto em qualquer regime regulatório¹¹⁴.

Um marco regulatório específico para o *nanowaste* é fundamental, conforme defende Cassota¹¹⁵: “Uma regulação efetiva ao nanolixo é capaz de garantir certo nível de segurança ao meio ambiente e saúde, e a correta regulação do *nanowaste* e a gestão sem dificultar a nanoproteção é essencial” [tradução nossa].

Por outro lado, Cassota¹¹⁶ demonstra a importância da OECD nesta conjuntura:

A OECD tem sido muito ativa no campo da avaliação de risco e regulação incluindo metrologia e criou dois principais grupos de estudos: o Grupo de trabalho de nanomateriais manufaturados (WPMN -*The Working Party on Manufactured Nanomaterials*), em 2006; e o Grupo de trabalho de nanomateriais manufaturados (OECD- WPMN) para avaliação do meio ambiente, saúde e segurança (EHS). Mais de trinta países que compõem a OECD estão participando nas atividades destes dois grupos, como a Comissão da União

¹¹⁴ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹¹⁵ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 198, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

¹¹⁶ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 213, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

Europeia, e outros países não-europeus (como Brasil, China, Rússia, Singapura e Tailândia) e outras organizações internacionais como ISO, Organização Mundial de Saúde (the *World Health Organisation* – WHO) e o Programa de desenvolvimento ambiental das Nações Unidas (*The United Nations Environmental Development Programme* – UNEP). [tradução nossa, grifo do autor]

Obviamente que o desenvolvimento da ciência e concretude de avaliações decorre do debate entre todas as instituições, efetuando o cruzamento de dados, pesquisas, e acarretando até mesmo discordâncias. A própria OECD já foi contestada pela *Center for International Environmental Law* (CIEL), organização internacional que se utiliza do Direito ambiental internacional para promover a proteção do meio ambiente, sustentabilidade e pesquisa nos temas de maior complexidade global:

Desde 1989, o Centro de Direito Ambiental Internacional (CIEL) usou o poder da lei para proteger o meio ambiente, promover os direitos humanos e garantir uma sociedade justa e sustentável. CIEL busca um mundo onde a lei reflete a interconexão entre os seres humanos e o meio ambiente, respeite os limites do planeta, proteja a dignidade e a igualdade de cada pessoa e encoraja todos os habitantes da Terra a se equilibrar um com o outro. A CIEL prossegue sua missão através de pesquisa e advocacia, educação e treinamento jurídicos, com foco na conexão de desafios globais às experiências das comunidades no terreno. No processo, construímos e mantemos parcerias duradouras com comunidades e organizações sem fins lucrativos em todo o mundo. [tradução nossa]¹¹⁷

Apresentando contrapontos, a CIEL publicou resultado de estudo sobre nano – elaborado em parceria com outras duas instituições – em fevereiro de 2017, afirmando que as informações prestadas nos programas de testes da OECD não teriam *muito valor* para avaliação do risco dos nanomateriais. A notícia veiculada no site oficial foi intitulada de *Os Dossiers da OCDE de 11.500 Pági-*

¹¹⁷ CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). **Our mission.** Washington, 2015. Disponível em: <<http://www.ciel.org>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

nas em 11 Nanomateriais são de 'Pouco ou Nenhum Valor' na Avaliação de Riscos [tradução nossa]:

Um novo estudo, encomendado pela CIEL, ECOS e Oeko-Institute, mostra que a maioria das informações disponibilizadas pelo Programa de Teste de Patrocínio da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é de pouco ou nenhum valor para a regulamentação na avaliação de risco de nanomateriais. O estudo publicado hoje foi entregue pelo Instituto de Medicina Profissional (IOM), com sede em Cingapura. A OIM exibiu as 11.500 páginas de dados brutos dos dossiês da OCDE em 11 nanomateriais e analisou todos os dados de caracterização e toxicidade em três nanomateriais específicos – fullerenos, nanotubos de carbono de uma só parede e óxido de zinco. 'Os responsáveis pelas políticas da UE e a indústria estão usando a existência dos dados para dissipar as preocupações sobre os potenciais riscos para a saúde e o meio ambiente dos nanomateriais fabricados', disse David Azoulay, advogado sênior da CIEL. 'Quando você analisa os dados, na maioria dos casos, é impossível avaliar o material realmente testado. O fato de que os dados existem sobre um nanomaterial não significa que a informação seja confiável para avaliar os riscos ou riscos do material'. [tradução nossa]¹¹⁸

Portanto, na discussão sobre a avaliação de riscos por instâncias reguladoras há também discordâncias, o que fomenta mais ainda o aprofundamento dos estudos nesta área. Por fim, arrebata com forte crítica da CIEL sobre a OECD:

Os dossiês foram publicados em 2015 pelo Grupo de Trabalho dos Nanomateriais Fabricados (WPMN) da OCDE, que ainda não extraiu conclusões sobre a qualidade dos dados. Apesar desta análise descontraída, algumas partes interessadas que participam da elaboração de políticas da UE – nomeadamente a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA) e o Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia – apresentaram os dossiês como contendo informa-

¹¹⁸ CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). **11,500-page OECD Dossiers on 11 Nanomaterials are of "Little to No Value" in Assessing Risks.** Washington, Feb. 23 2017. Disponível em: <<http://www.ciel.org>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

ções sobre impactos ambientais e nano específicos para a saúde humana e ambiental. As federações da indústria e as empresas individuais levaram isso um passo além, enfatizando que há informações suficientes disponíveis para descartar a maioria das preocupações sobre potenciais riscos para a saúde ou o meio ambiente de nanomateriais fabricados. 'Nosso estudo mostra que estas afirmações de que há dados suficientes disponíveis em nanomateriais não são apenas falsos, mas também perigosamente falsos', disse Doreen Fedriago, Diretor de Política Sênior da ECOS. 'A falta de informações nano-específicas nos dossiês significa que os resultados dos testes não podem ser usados como evidência de nenhum 'efeito nano' do material testado. Esta informação é crucial para os reguladores e produtores que precisam conhecer o perfil de perigo desses materiais. Analisar os dossiês mostrou que a legislação que detalha os requisitos de informação nano-específicos é crucial para a avaliação do risco regulatório dos nanomateriais'. [tradução nossa]¹¹⁹

Embora haja divergências no que toca a pesquisa da OECD, ela não pode ser descartada. Observa-se que sobre *nanowaste* especificamente, não há outro estudo, diretriz ou instrumento com potencial regulatório desenvolvido nesse sentido, de modo que não pode o Sistema do Direito ficar inerte. Respeitando minimamente a precaução, o protocolo pode ser adotado, através das bases do pluralismo jurídico de Teubner ou pela comunicação de Luhmann, que se verá mais adiante.

Por fim, qualquer regime destinado a proteger os trabalhadores contra os riscos de saúde associados aos nanomateriais exige estatutos que, com clareza, protejam a saúde e a segurança do local de trabalho onde existam nanomateriais. Os empregadores devem utilizar o princípio da precaução como base para a aplicação de medidas cautelares para garantir a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. A hierarquização dos controles de exposição – eliminação, substituição, engenharia de controle, os aspectos do trabalho e/ou administrativos, e equipamento de pro-

¹¹⁹ CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). **11,500-page OECD Dossiers on 11 Nanomaterials are of "Little to No Value" in Assessing Risks.** Washington, Feb. 23 2017. Disponível em: <<http://www.ciel.org>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

teção individual – deve ser implementada. Da mesma forma, a monitorização da exposição, a vigilância médica e o treinamento dos trabalhadores são essenciais para garantir que os trabalhadores recebam as últimas informações sobre nanomateriais. Tanto os trabalhadores como os seus representantes devem estar envolvidos em todos os aspectos relacionados com o ambiente de trabalho seguro, com relação às nanotecnologias, sem medo de represálias ou discriminação. Finalmente, os procedimentos e os padrões de proteção e saúde atuais devem ser objeto de pesquisa para a sua adequação no que diz respeito aos nanomateriais¹²⁰.

O mundo jurídico, inserido na problemática do risco das nanotecnologias, buscando alternativas quanto ao descarte final do *nanowaste*, precisa elaborar combinações com outras áreas da ciência, comunicando-se com outros sistemas, apostando numa regulação global para os resíduos, onde o protocolo da OECD estaria apto dentro desta realidade¹²¹. É o que afirma Cassota¹²²:

Teoricamente um novo Direito Global para regulação do *nanowaste* deve ser considerado numa visão mais holística global, concebendo um espaço multidisciplinar onde assiste-se a combinação das complexas interdependências da relação e interação entre tecnologia, Direito, política, sociedade, instituições, criatividade, medo de sobreviver e considerações éticas. Esse espaço é a área de um novo paradigma para um quadro regulatório efetivo combinando Direito e política servindo objetivos políticos. Este é o espaço

¹²⁰ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

¹²¹ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

¹²² CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 219, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

onde o conceito de um direito global em regulação do nanowaste mente. É um Direito Global. [tradução nossa]

Mesmo que surjam opiniões divergentes ao trabalho da OECD, o aprofundamento do estudo não pode ser desconsiderado, pelo menos no que tange ao *nanowaste* e o estudo específico por eles elaborado. É viável que se adote este protocolo a fim de viabilizar um desenvolvimento mais responsável das nanotecnologias, implementando condutas mínimas de cuidado no que tange ao descarte do *nanowaste*, respeitando a precaução exigida neste contexto.

Nas diretrizes da OECD, observa-se um conjunto de orientações práticas que deverão nortear o processo de destinação e tratamento dos resíduos gerados a partir da nano escala. Demonstra-se ainda os riscos advindos do próprio processo dos quatro tratamentos de resíduos, e as medidas a serem seguidas na implementação de mecanismos adicionais nos processos, como filtros adicionais, materiais de proteção humano, dentre todos citados no documento¹²³ e resumidos no Quadro 3. O processo de conhecimento não fica restrito apenas ao setor da pesquisa e industrial, mas deverá atingir o consumidor, promovendo uma adequada organização do lixo doméstico gerado. Por fim, há de se ressaltar que mesmo com estes procedimentos de tratamento implementados, ainda há um certo grau de incerteza associado à sua disposição final, exigindo mais pesquisas nessa área.

Portanto, considerando a análise deste estudo e protocolo gerado, verifica-se como adequada e necessária a utilização destas recomendações para uso de regulação interna, provendo uma gestão de risco, respeitando o Princípio da precaução, e protegendo a atual e futuras gerações dos (possíveis) riscos (futuros?). Mas de que maneira esta autorregulação poderá ser adotada? De que forma viabiliza-se a comunicação entre os sistemas e o acoplamento de um regramento estranho ao Direito? Tal questionamento, com a base teórica para esta formulação, será acompanhada no

¹²³ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams**: current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

próximo tópico da investigação. Contudo, primeiro apresentar-se-á o complemento da análise dos documentos da OECD.

Esta investigação ainda se propôs a realizar a coleta e análise de dados de documentos específicos da OECD, relativos ao risco, segurança, definições e *nanowaste*, a fim de avaliar o enfrentamento sobre a questão dos resíduos nanotecnológicos.

A primeira proposta de análise de conteúdo seguindo Bardin¹²⁴ foi a coleta dos 80 documentos da OECD¹²⁵, da série *Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials*¹²⁶, elaborados de 2006 a 2017 (e que inclusive permanecem sendo produzidos). As palavras-chave escolhidas relacionam-se à segurança das nanotecnologias e *nanowaste*, no intuito de verificar “se” e de que maneira a questão dos resíduos nanotecnológicos vem sendo abarcadas, e como os questionamentos sobre o risco e regulação específica vem sendo enfrentados, com respeito a precaução. Foram elencados os termos: “*risk*”, “*risk management*”, “*waste*”, “*nanowaste*”, “*regulation*” e “*regulatory*”, “*precaution*” ou “*precautionary*”.

Para ilustrar didaticamente, segue a Tabela 3, com a discriminação de localização dos respectivos termos:

¹²⁴ BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

¹²⁵ Somente uma explicação deve ser feita. Dos 80 documentos apresentados nesta série pela OECD, os protocolos entre os números 44 até 54 não foram individualmente publicados, por se tratarem de uma série ainda em fase de testes. De acordo com a justificativa da instituição, os dossiês encontrados naquele intervalo seriam apenas para informação e não deveriam ser utilizados como referência, padrão ou validação quanto à segurança de nanomateriais específicos. Os dossiês contidos naquele período – do 44 ao 54 – foram escolhidos para mostrar a eficácia e precisão das diretrizes de teste padrão e não foram destinados à determinação de riscos associados ao uso ou aplicação de nanomateriais. Os dados contidos nestes dossiês são dados brutos e não foram avaliados pelos patrocinadores do programa ou pelo WPMN. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD. **Testing programme of manufactured nanomaterials**. Paris, 2017a. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

¹²⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Publications in the series on the safety of manufactured nanomaterials**: [report: período de 2006 a 2017]. Paris, 2006-2017. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

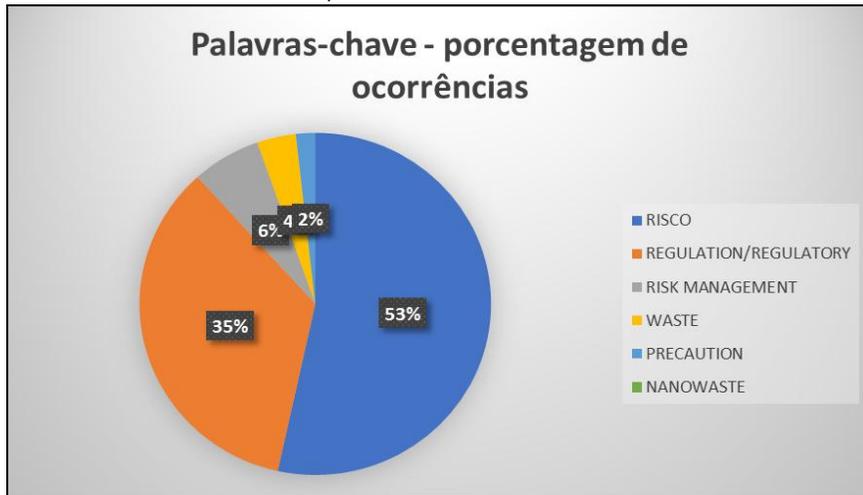
Tabela 3 – Localização de Palavras-Chaves nos Documentos da OECD

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento	Período (ano)
Risk management	614	(2006-2017)
Risk	5.179	(2006-2017)
Waste	346	(2006-2017)
Nanowaste	09	(2006-2017)
Regulation/regulatory	3.380	(2006-2017)
Precaution/precautionary	173	(2006-2017)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Facilitando a compreensão, a seguir, os Gráficos 7 e 8 elaborados sobre os dados coletados:

Gráfico 7 – Frequência de Palavras-Chave – Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials

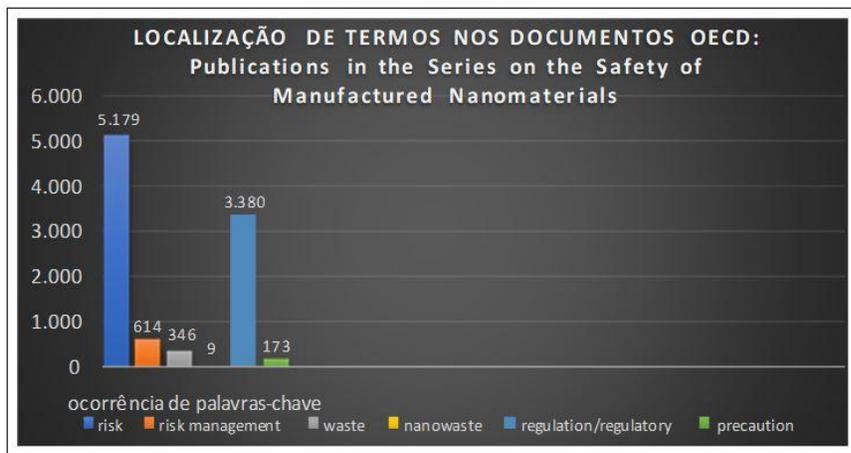


Fonte: Elaborado pelos autores.

Primeiro observa-se que o risco (*risk*) é amplamente citado – por 5.179 vezes (53%) – aliado ainda à gestão de risco (*risk management*) – com 614 repetições (6%). Portanto, o aspecto do risco é amplamente debatido, de modo que toda a discussão sobre as *nanos* é permeada pela atenção aos possíveis danos (futuros) ao meio ambiente, indicando uma gestão. Inclusive, tamanha a urgência de proteção e enfrentamento desta incerteza científica, que ante esta demanda, por 3.380 vezes (35%) os termos “*regulation*” e “*regulatory*” foram citados, demonstrando a necessidade de adoção de instrumentos com potencial regulatório, para sanar

esta lacuna do Estado, e salvaguardar efetivamente a atual e futuras gerações do potencial efeito danoso.

Gráfico 8 – Termos OECD



Fonte: Elaborado dos autores.

Por outro lado, mesmo diante do grande desenvolvimento das nanotecnologias e contexto de risco – que consequentemente geram mais resíduos –, ao longo dos quase 11 anos de publicações, não ocorreram citações do termo resíduos (*waste*) na mesma proporção que outras palavras. Inclusive, “*nanowaste*” foi registrado apenas 09 vezes. Contudo, a atenção ao tema foi evoluindo, sendo as citações da palavra “*waste*” realizada 346 vezes. Não se desconsidera a importância dos resíduos nanotecnológicos nos documentos, mas tal discussão ainda é menor e incipiente, em comparação com risco e nanosegurança. Inclusive, importante ressaltar que o termo “*nanowaste*” foi citado pela primeira vez no documento n.º 34, em setembro de 2012. Coincidência ou não, utilizando desta “nova” nomenclatura de resíduos nanotecnológicos – nomeando-os de “*nanowaste*” – percebeu-se neste mesmo documento um aumento mais significativo do termo “*precaution/precautionary*”, contando com 9 repetições. Ou seja, aparentemente, quando cunhado um novo termo, despertou-se o apelo aos mecanismos de precaução. Mesmo não tendo ocorrências tão significativas, o termo “*precaution*” – que totalizou 173 aparições – foi relacionado à adoção de mecanismos do princípio da precaução, como fundamento dos estudos da OECD.

Por fim, constata-se que o debate específico sobre o *nanowaste* ainda é incipiente, pois ao longo de quase 11 anos, ele é citado apenas 09 vezes, ganhando maiores contornos em 2016, com a publicação do guia *Nanomaterials in Waste Streams*. Uma vez que a produção em nanoescala apresenta-se em crescente evolução, maior será a quantidade de nanomateriais no ecossistema, requer-se o aprofundamento de pesquisas neste tema, e face o risco, demanda-se a adoção de instrumentos com potencial autorregulatório, preservando minimamente a saúde humana e meio ambiente.

Tal análise vai ao encontro dos dados levantados na coleta de dados realizada por Engelman, Hupffer e Hohendorff¹²⁷. Os autores pesquisaram na base *Web of Science*, entre os anos de 2010 e 2016, dentre outros termos, a palavra *Waste*, a fim de aferir o número de publicações com as respectivas palavras-chave, alcançando os seguintes números (quadro 4).

Quadro 4 – Localização de Termos X Artigos

<i>number of items</i>	<i>Combinations of words</i>
18,870	Nanotechnology
5,106	Nanotechnology and materials
1,258	... And environmental
1,219	... And risks
885	... And benefits
473	... And regulation
437	... And physics
404	... And risk assessment
377	... And consumer
360	... And environmental risks
320	... And environmental impacts
312	... And waste
264	... And nanotoxicology
223	... And law
200	... And toxicology
175	... And consumer risks
87	... And social impacts

Fonte: Engelman, Hupffer e Hohendorff¹²⁸.

¹²⁷ ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide; HOHENDORFF, Raquel von. **The perception of the nanotechnology and its risks on the legal assessment of future damage**. São Leopoldo, 2017. Artigo inédito, não publicado.

¹²⁸ ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide; HOHENDORFF, Raquel von. **The perception of the nanotechnology and its risks on the legal assessment of future damage**. São Leopoldo, 2017. Artigo inédito, não publicado. p. 10.

Restou demonstrada a ocorrência de apenas 312 artigos com o termo “waste”, no período de 6 anos, que corrobora para a conclusão acima apresentada, a qual verificou-se apenas 9 citações do termo *nanowaste*, em 11 anos de publicações da OECD, fomentando o debate maior e aprofundamento das pesquisas em *nanowaste*.

Portanto, necessário o maior enfrentamento da questão dos resíduos nanotecnológicos, que ainda são publicados em menor proporção. Contudo, nos estudos já apresentados, observa-se a importância do *nanowaste*, pois os nanomateriais possuem características únicas, possibilitam interações físico-químicas diferentes do que materiais em macro escala, apresentando também um ciclo de vida diverso, que por fim, poderá acarretar ao meio ambiente e vida humana danos irreversíveis se não adotado algum grau de precaução, através da implementação de instrumento com potencial autorregulatório, que neste caso, a proposta é o protocolo da OECD.

Num segundo momento, realizou-se a coleta de dados na pesquisa específica sobre o *nanowaste*, com base do livro *Nanomaterials in Waste Streams*, da OECD¹²⁹.

A partir desta segunda análise de dados extraídos do protocolo específico sobre *nanowaste*, foram elencadas 11 palavras-chave para analisar a percepção do risco, a relação com a regulação específica para os resíduos nanotecnológicos, e a preocupação com meio ambiente. Abaixo as palavras elencadas e seu número de ocorrências ao longo do documento, Tabela 4:

Tabela 4 – Palavras-Chave – Ocorrências no Documento
“Nanomaterials in Waste Streams”

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk	123
Risk management	03
Hazard	68
Waste	830

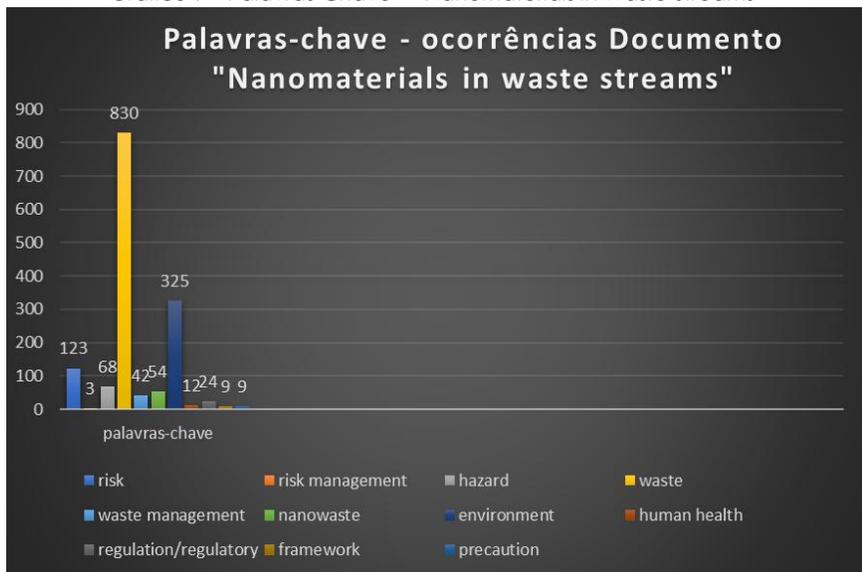
¹²⁹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts.** Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Waste management	42
Nanowaste	54
Environment	325
Human health	12
Regulation / regulatory	24
Framework	9
Precaution	9

Fonte: Elaborada dos autores.

De maneira visual, apresentam-se os dados no Gráfico 9:

Gráfico 9 – Palavras-Chave – “Nanomaterials in Waste Streams”



Fonte: Elaborado dos autores.

Verifica-se na pesquisa de *nanowaste* da OECD que a palavra “*risk*” foi encontrada 123 vezes; o termo “*risk management*” foi localizado 3 vezes; a palavra “*hazard*” (perigo) possui 68 repetições; “*waste*” possui 830 ocorrências; “*waste management*” possui 42 repetições; “*nanowaste*” foi localizada 54 vezes; “*environment*” possui 325 repetições; “*human health*” localizada 12 vezes no documento; o termo “*regulation/regulatory*” possui 24 repetições; “*framework*” foi repetida 9 vezes, bem como o termo “*precaution*”. Analisando tais dados, possível apontar para a explícita preocupação sobre o risco e perigo (*hazard*) advindo das nanotecnologias. Este aspecto já se encontra pacificamente inserido

no debate mundial sobre as nanos, e não ficaria de fora da OECD. Por outro lado, a atenção ao meio ambiente ficou mais explícita no documento, pois citou “*environment*” por 325 vezes, contudo, não relacionado tanto a segurança para a saúde humana. Principalmente por se tratar de estudo sobre resíduos, a preocupação com meio ambiente é uma das mais destacadas, dado o avanço de produção e conseqüente descarte no ecossistema sem regulação específica. Nesta senda, outro ponto ressaltado é a preocupação com a gestão dos resíduos, citando o termo “*waste*” 830 vezes e “*nanowaste*” mais 54 vezes. Aliado a isso, o intuito de regulação específica se faz presente, inserindo os termos respectivos “*regulation/regulatory*” 24 oportunidades, somando-se ainda “*framework*”, por 9 vezes. Portanto, a atenção constante ao risco permanece em destaque, com maior direcionamento ao meio ambiente, principalmente na questão dos resíduos nanotecnológicos, fomentando assim a adoção de regulação específica, que neste caso poderia utilizar-se do protocolo da OECD. Contudo, observadas as menores ocorrências no protocolo, como termos “*human health*”, maiores esforços deverão ser concentrados nessa área, pois a segurança dos nanomateriais e impactos deverão ser observados principalmente com a vida humana, que neste aspecto não foi aprofundado.

O tema dos resíduos nanotecnológicos estão em movimento inicial, mas os dados existentes sobre a destinação final inadequada e ausência de gestão do *nanowaste* trazem o alerta sobre os (possíveis) impactos ao meio ambiente e saúde humana. É nesse sentido que se incorpora ao debate o mundo jurídico, que não pode ficar inerte a tal complexidade presente na sociedade. Deve então o Direito buscar alternativas a fim de prestar respostas adequadas à demanda da ausência de regulação específica das nanos, mais precisamente sobre *nanowaste* e destinação final. Ante a (insuficiência?) ausência estatal, viável que se construa mecanismos regulatórios, através da adoção da autorregulação, no caso protocolo da OECD. Mas de que maneira esta autorregulação poderá ser adotada? De que forma viabiliza-se a comunicação entre os sistemas e o acoplamento de um regramento estranho ao Sistema do Direito? Tal questionamento, com a base teórica para esta formulação, será acompanhada no próximo tópico da investigação.

3.4. A Comunicação Jurídica entre Luhmann e Teubner: o Pluralismo Jurídico de Gunther Teubner e os “Pools de Responsabilidade” como Fundamento de Aplicabilidade do Protocolo Nanowaste

Verifica-se no cenário atual de interação entre sociedade e nanotecnologias uma lacuna legislativa. Não se encontram regulações específicas para orientarem o desenvolvimento desta nova tecnologia, tampouco no que diz respeito ao destino final dos nanomateriais. Contudo, dado o risco inerente a elas, demonstrado anteriormente, urge que o Direito se manifeste, buscando alternativas regulatórias aptas a responder estas novas demandas, assegurando a segurança humana e do meio ambiente, respeitando ainda a precaução exigida neste contexto.

A formulação desta investigação propõe uma possível mescla entre a comunicação de Luhmann¹³⁰, e a adoção de normas externas ao Direito de Teubner, pelos fundamentos do Pluralismo Jurídico¹³¹.

Luhmann¹³², na estruturação da *Teoria dos Sistemas*, considera que a comunicação é a operação elementar para o que se constrói em uma complexidade social. Desenvolve assim uma teoria da comunicação que permite entender os processos que tem lugar nas interações, nas organizações e na sociedade. Explica que os sistemas sociais podem surgir dentro de outros sistemas sociais, mesmo assim tomando seu próprio sentido. Assim, é possível a comunicação entre ambos sistemas, separado de uma comunicação própria de cada um, o que gera um sentido próprio.

Portanto, a Teoria dos sistemas já seria uma abertura para viabilidade de comunicação entre sistemas diversos (através das irritações) os quais desenvolveriam uma ligação comum, possibilitando o acoplamento de subsídios de um sistema ao outro, quan-

¹³⁰ LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

¹³¹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹³² LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

do necessário, ou seja, “(...) el acomplamento estructural consiste en una adaptación permanente entre sistemas diferentes, que mantienen su especificidade”¹³³. Na demanda das nanotecnologias, interessante tal ideia, pois haveria a viabilidade de adoção de marcos de outros sistemas – fora do jurídico – como o da ciência, por exemplo, face sua complexidade para adequação aos sistemas sociais modernos¹³⁴.

Importante citar passagem de Luhmann¹³⁵, quando refere a importância da comunicação:

La sociedad es la instancia última que se revela como mundo, como horizonte, de todos los procesos de comunicación posibles. Fuera de este marco de referencia de comunicación, el mundo es inaccesible. La sociedad es el fundamento de todas las estructuras de la dimensión social del sentido.

Numa perspectiva sistêmica e autopoietica, a comunicação representa um elemento fundamental, “(...) pois a análise social se ocupa unicamente da comunicação. Comunicação e não outra coisa é a operação com a qual a sociedade como sistema social se produz e reproduz autopoieticamente” [tradução nossa]¹³⁶.

Weyermüller¹³⁷ explica que a *Teoria Sistêmica Autopoietica* de Luhmann¹³⁸, para a qual a comunicação é fundamental, traz uma concepção de sociedade (“sociedade é comunicação”) caracterizada pela contingência, risco, complexidade e multidisciplinaridade. Isso porque quando se está diante de casos ambientais complexos (multidisciplinares por excelência) e com a ne-

¹³³ LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005. p. 36.

¹³⁴ LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

¹³⁵ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 77.

¹³⁶ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 40

¹³⁷ WEYERMÜLLER, André Rafael. **Direito ambiental e aquecimento global**. São Paulo: Atlas, 2010.

¹³⁸ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

cessidade de encontrar caminhos jurídicos para solver o problema, revelam-se dificuldades comunicativas nas relações entre os sistemas.

Ainda, Luhmann¹³⁹ defende o sistema com modelo autopoietico, e que todo ocorrido dentro de um sistema se encontra determinado por sua própria organização, gerando o procedimento de acoplamento estrutural:

El modelo autopoietico es circular, por lo que no tiene sentido hablar ni de causas ni de efectos. Todo lo que ocurre en un sistema se encuentra determinado por su propia organización y no por las perturbaciones provenientes del medio ambiente. El sistema autopoietico no es teleológico – no opera en función de un fin –, se encuentra asociado a una historia mutua de cambios concordantes con el entorno. A este procedimiento se le llama 'acoplamiento estructural'.

Entretanto, neste ponto poderia gerar certo obstáculo com a proposta do presente estudo, que propõe sim uma comunicação, gerada a partir de um protocolo de organização internacional, baseada no risco da tomada de decisão. Contudo, Luhmann entende serem os sistemas fechados, o que inviabilizaria a troca e adoção de instrumentos entre sistemas diversos:

Los sistemas, por tanto, son operativamente cerrados. Esta afirmación contundente deberá especificarse con más tecnicidad de la siguiente manera: estos sistemas para producir su unidad recurren a aquellas unidades ya constituidas en el sistema. Los sistemas sociales, por estar compuestos de pura comunicación, controlan sus propias posibilidades de afirmación o negación para la producción de sus elementos. Son sistemas basados en una operación recursiva de su propio cálculo, y la realidad no es para ellos más que la reproducción que se realiza en estos términos. Una vieja fórmula cibernética ilumina de manera plástica el significado de esta cerradura operativa (se trata sólo de un ejemplo que no se aplica directamente a los sistemas sociales) son cerrados en la producción de sus componentes, lo cual no niega apertura respecto a la incorporación de energía por parte del en-

¹³⁹ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 13.

torno. Los sistemas autopoieticos son cerrados en su auto-poiesis, y porque lo son han de estar abiertos respecto a la importación energética.¹⁴⁰

Weyermüller¹⁴¹ segue a linha de Luhmann, e bem descreve o necessário enfrentamento da crise ambiental, através de um novo paradigma de adaptação, aguardando uma verdadeira autopoiese sistêmica, o que se relaciona com a ausência de marcos regulatórios aptos para as nanotecnologias (pois a legislação estanque e lenta não acompanha esta nova dinâmica nem protege do risco):

Mesmo com essa forte contingência da realidade de crise econômica agindo como um real motivo para a não efetivação de medidas sérias e realistas para o enfrentamento da crise ambiental, a necessidade de um paradigma de adaptação deve ser construída a partir dos elementos disponíveis, em uma genuína sistemática adaptativa à realidade. É necessário que esse paradigma inovador receba o devido estímulo para que possa ocorrer a esperada autopoiese sistêmica que, em simplíssimas palavras, consiste na autorreprodução dos elementos disponíveis, no sentido de produzir uma nova realidade que, nesse nível (e apenas nesse), pode ser nominada como sustentável. A única sustentabilidade que se espera desse processo é a sustentabilidade ou continuidade de autorreprodução do sistema em benefício do ambiente por meio da adaptação propiciada por uma interação entre a necessidade de conservação dos recursos naturais e as atividades econômicas.

A *autopoiesis* é trabalhada por Luhmann¹⁴² para explicar a sociedade por meio da existência de sistemas (sociais) que são autônomos e que possuem suas próprias racionalidades e operam de acordo com essas racionalidades, tornando cada sistema au-

¹⁴⁰ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006. p. 7.

¹⁴¹ WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, p. 31, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁴² LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

tônomo e autossuficiente em relação ao meio sem que haja relações diretas com os outros sistemas sociais. A aludida ausência de relações diretas com os outros sistemas sociais acarreta no fechamento operacional do sistema – condição para que possa se diferenciar do entorno. Entretanto, o sistema se comunica com os demais sistemas sociais cognitivamente, daí podendo sofrer irritações, que serão processadas segundo a funcionalidade interna do sistema, dando origem às chamadas ressonâncias (resultado da irritação do entorno e dos demais sistemas parciais)¹⁴³.

Desta maneira, a comunicação fundamental que se encontra na teoria luhmanniana fomentaria a produção de autorregulações, oriundas de dentro do mesmo sistema¹⁴⁴, mas a clausura poderia gerar conflito no momento de adoção deste instrumento em sistema diverso, somente remediada pelas irritações. Por esta razão, poderia ser complementada a formulação, e viabilizado pelo Pluralismo jurídico de Teubner¹⁴⁵, aliado ainda pela sua proposta dos *pols* de responsabilidade, utilizados em casos ambientais.

Teubner¹⁴⁶ entende que a convergência de expectativas pode ser estimulada com a “(...) introdução voluntária de mecanismos de regulação (...)” que permitem adentrar “No domínio de uma regulação da coevolução, onde sistemas de negociação intersistêmicos são desenhados com o objetivo precípua de compatibilizar mundividências e expectativas convergentes”¹⁴⁷.

Observa-se o desafio de promover uma adaptação e uma aprendizagem de cada sistema diante do aumento expressivo da

¹⁴³ HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor – receptor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

¹⁴⁴ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Sílvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁴⁵ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁴⁶ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989. p. 125.

¹⁴⁷ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989. p. 125.

fragmentação e dos processos de diferenciação funcional das mais diferentes organizações.

Wittmann afirma que se um sistema opera dentro de um ambiente, como conclusão tem-se que esse ambiente tolera a existência do mesmo ao passo que a organização desenvolve incessantemente um processo de adaptação a este ambiente. Assim, no momento em que diferentes sistemas operam neste ambiente, os processos de adaptação se multiplicam e também proporcionam um desafio a este ambiente social – lembrando que os processos de adaptação são sempre internos e o ambiente não troca informações nem impõe condutas ao sistema¹⁴⁸.

Ou seja, nas palavras de Teubner¹⁴⁹, “(...) um sistema operacionalmente fechado está estruturalmente conectado ao seu nicho quando usa acontecimentos do ambiente, como perturbações, a fim de construir ou mudar as suas estruturas internas”.

Pode-se observar que o Estado – seja liberal, social ou contemporâneo – traz consigo uma qualificação da observação social que identifique possibilidades de uma regulação efetiva e eficaz, mas ao mesmo tempo em que é desacreditada a tendência do constitucionalismo liberal de ignorar a sociedade civil, o modelo de bem-estar social se identifica como o regulamentador de todas as áreas da sociedade. Em ambas as situações há uma subestimação da autonomia dos sistemas e organizações¹⁵⁰, entretanto, tal ponto deve ser rechaçado pois atualmente apresen-

¹⁴⁸ WITTMANN, Cristian Ricardo. **Programas de integridade (compliance programs) e o direito na sociedade global**: a concepção de um campo autônomo de regulação das nanotecnologias em usos militares. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁴⁹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005. p. 84.

¹⁵⁰ WITTMANN, Cristian Ricardo. **Programas de integridade (compliance programs) e o direito na sociedade global**: a concepção de um campo autônomo de regulação das nanotecnologias em usos militares. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

ta-se de maneira contundente e clara a existência de autorregulação e campos diversos de produção regulatória.

Ademais, conforme Wittmann¹⁵¹ explica, há uma predisposição sobre o monopólio dos Estados, de compreender que as normas constitucionais por si próprias poderiam organizar a autonomia privada e os sistemas sociais, o que nada mais é que uma supervalorização do poder regulatório. Ou seja, uma valorização excessiva da eficácia do *uso da força*, quando colocado em contraponto com a dinâmica da diferenciação social dos sistemas e das organizações.

Nesse sentido, a lição de Teubner¹⁵²:

The revealing formulation, that the state's constitutional norms themselves 'organize' 'liberal-autonomous action and function systems of society', is a typical over-estimation of the regulatory power of the state in relation to the evolutionary dynamics of social differentiation.

Contudo, na conjuntura das nanotecnologias, o Estado não detém mais condições de prover respostas adequadas as complexas demandas enfrentadas, de maneira que as organizações internacionais, no caso a OECD, com seu instrumento autorregulatório, seria uma alternativa a ser adotada.

Mesmo que o Estado por inúmeras razões esteja em momento de crise, não fornecendo mecanismos aptos para regular as nanotecnologias, ele de qualquer maneira precisa lidar com tais questões a fim de proteger o meio ambiente. Mesmo tendo a atuação limitada em virtude da multiplicidade dos centros de decisão, como existem fortes pressões do Sistema da Economia no sentido de fazer prevalecer os elementos econômicos, ele ainda tem um papel extremamente importante para cumprir frente a

¹⁵¹ WITTMANN, Cristian Ricardo. **Programas de integridade (compliance programs) e o direito na sociedade global**: a concepção de um campo autônomo de regulação das nanotecnologias em usos militares. 2016. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁵² TEUBNER, Gunther. **Constitutional fragments**: societal constitutionalism and globalization. Translated by Garteh Norbury. Oxford: Ed. Oxford University Press, 2012. p. 25.

realidade de dúbia avaliação valorativa acerca do desenvolvimento e da tecnologia. Trata-se de uma ambivalência em relação aos benefícios e os malefícios do desenvolvimento¹⁵³. O Estado e o Direito precisam enfrentar a lacuna regulatória das nanotecnologias, mais precisamente sobre o *nanowaste*, com o intuito de proteger a presente e futuras gerações de possíveis riscos. Mesmo que não se alcance pelo Estado uma regulação apta, que o mesmo favoreça a comunicação entre outros sistemas, ou até mesmo viabilize a adoção de normas informais ou diretrizes internacionais de agências reguladoras, para sanar este espaço até o momento não resolvido na via estatal.

Numa primeira lição de Teubner¹⁵⁴, *O Direito como Sistema autopoietico* adverte que: “O Direito determina-se a ele mesmo por auto-referência, baseando-se na sua própria positividade”, fazendo ligação com a autopoiese Luhmanniana. Ainda, possível associar o Direito ao conceito de *hiperciclo*:

Se aplicarmos tentativamente a ideia de hiperciclo ao direito, vemos que a autonomia jurídica se desenvolve em três fases. Numa fase inicial – ‘dita de direito socialmente difuso’-, elementos, estruturas, processos e limites do discurso jurídico são idênticos aos da comunicação social geral ou, pelo menos, determinados heteronomamente por esta última. Uma segunda fase de um ‘direito parcialmente autônomo’ tem lugar quando um discurso jurídico começa a definir os seus próprios componentes e a usá-los operativamente. O direito apenas entra numa terceira e última fase, tomando-se ‘autopoietico’, quando os componentes do sistema são articulados entre si num hiperciclo.¹⁵⁵

Importante referir ainda que nesta doutrina de 1989 Teubner já chamava atenção para os mecanismos da troca de informação e interferência entre os sistemas. Aponta que a nova fórmula

¹⁵³ WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. *Revista da AJURIS*, Porto Alegre, v. 41, n. 134, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁵⁴ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989. p. 2.

¹⁵⁵ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989. p. 77.

mágica para o Sistema do Direito moderno seria encontrar um tipo de Direito que deixe intacta a autonomia dos subsistemas sociais, mas que, ao mesmo tempo, os encoraje a tomarem reciprocamente em consideração os pressupostos básicos sobre os quais cada um deles está assente. Informação e interferência são assim os dois mecanismos que asseguram a abertura de sistemas sociais autopoieticamente fechados. O Sistema do Direito produz o seu modelo interno do mundo externo de um lado, de acordo com o qual orienta as respectivas operações, através da informação inteiramente selecionada e jamais importada do exterior. Contudo, por outro lado, interferências externas entre o Sistema Jurídico e a respectiva envolvente social são responsáveis pelo estabelecimento de uma relação de articulação estrutural entre eles. É a combinação destes dois mecanismos que tornaria possível a regulação social através do Sistema do Direito, ainda que sob formas extremamente indiretas¹⁵⁶. Esta abertura lecionada pelo autor poderia ser ajustada à era nanotecnológica, mais precisamente no que tange à lacuna regulatória da destinação final do *nanowaste*, complementado ainda pela formulação do Pluralismo jurídico.

Teubner¹⁵⁷, quando conclui sobre a *comunicação pela organização* refere que os subsistemas sociais (direito, política, ciência, economia) não são, enquanto tais, dotados de capacidade de ação coletiva. A fim de assegurar capacidade comunicativa, esses subsistemas têm a necessidade de organizações operacionais capazes de agir. A ação dessas organizações não é, todavia, vinculativa para a totalidade do respectivo subsistema. Tais subsistemas compensam essa falha por intermédio de mecanismos de organização formal que lhes atribuem certos poderes sobre os seus membros. Essas organizações formais, enquanto atores coletivos, podem assim comunicar através das fronteiras dos subsistemas funcionais, mas apenas sob condição de ser construído um sistema de comunicações intersistêmicas, o qual, por seu turno, se torna *progressivamente independente*, como cita negociações coletivas, grupos de discussão.

¹⁵⁶ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engrácia Antunes. Lisboa: Calouste, 1993.

¹⁵⁷ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engrácia Antunes. Lisboa: Calouste, 1993.

Fazendo uma ligação entre a construção acima e o estudo em tela, cabível a tese do autor à ausência de regulação do *nanowaste* e demais áreas da nano, pois a OECD, com sua participação em nível internacional, faria a comunicação, apresentando seus estudos específicos, neste caso o protocolo de gestão do *nanowaste*, acoplando tal protocolo ao mundo jurídico, que seria *irritado* para adotar tais recomendações. Vale ressaltar que não somente as empresas poderiam adotar tal autorregulação, mas o próprio Estado poderia acoplar tal estrutura, de um sistema diverso, fazendo jus à comunicação e flexibilidade estrutural imposta neste contexto.

Justamente por analisar a transformação desta nova sociedade, em *A Bukowina Global*, Teubner¹⁵⁸ analisou que teorias *políticas* do Sistema do Direito seriam provavelmente de pouca serventia para interpretar a globalização do direito, que valeria para as teorias positivistas com ênfase na unidade de Estado e direito, tanto como para as teorias críticas, na medida em que essas tendem a dissolver o direito na política. Enquanto se observava as lutas pelo poder no palco mundial da política internacional – no qual a globalização jurídica somente transcorre com abrangência limitada –, eram ignorados os processos dinâmicos, em outros setores da sociedade mundial, que produzem os fenômenos do direito global à distância da política. A razão decisiva dessa produção jurídica distante da política reside no fato de que o acoplamento estrutural do sistema político e do sistema jurídico por meio de constituições não conta com uma instância correspondente no plano da sociedade mundial¹⁵⁹.

Ademais, possível a ligação da autorregulação do *nanowaste* nesta doutrina, ressaltando quando Teubner¹⁶⁰ diz que “(...)

¹⁵⁸ TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹⁵⁹ FARENZENA, Suélen. O direito como sistema autopoiético regulação social através do direito. **Revista USCS**, São Paulo, ano 11, n. 22, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://seer.uscs.edu.br>>. Acesso em: 15 jul. 2001.

¹⁶⁰ TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, p. 11, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

o direito global só pode ser interpretado adequadamente por meio de uma teoria do pluralismo jurídico e de uma teoria das fontes do direito, correspondentemente concebida em termos pluralistas”.

Menciona ainda o Teubner¹⁶¹ o surgimento de direitos em decorrência do atual estado e desenvolvimento social em nível mundial, com o advento da globalização, enfatizando que uma teoria do pluralismo jurídico deve passar a vislumbrar possibilidades de ajustar o foco de direito de grupos para direito dos discursos, razão pela qual, entende que uma teoria de fontes do direito, na atualidade, deve então passar a

(...) concentrar a sua atenção em processos 'espontâneos' de formação do direito que compõem uma nova espécie e se desenvolveram – independentemente de um direito instituído pelos Estados individuais ou no plano interestatal – em diversas áreas da sociedade mundial¹⁶².

Rocha¹⁶³ afirma que o sistema jurídico deveria *aprender* a transformar novos fatos sociais em fatos juridicamente relevantes, nos quais absorveria a variedade desestruturada de sistemas. Nesse ponto, destaca que Teubner¹⁶⁴ retomou uma questão apontada rapidamente por Luhmann¹⁶⁵ no final do livro *Direito da Sociedade*, que é a policontextualidade. Esta se torna, em um mundo onde o direito é fragmentado em um pluralismo em que o Estado

¹⁶¹ TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹⁶² TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, p. 11, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

¹⁶³ ROCHA, Leonel Severo. A produção sistêmica do sentido do direito: da semiótica à autopoiese. In: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, Jose Luis Bolzan (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2008: n. 5. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2009.

¹⁶⁴ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglio Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁶⁵ LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

é apenas mais uma de suas organizações, um referente decisivo para a configuração do sentido¹⁶⁶.

Aprimora seu entendimento, passando a desenvolver a teoria do Pluralismo Jurídico, a qual se mostra mais interessante e compatível com a lacuna jurídica das nanotecnologias, e que possibilitaria resposta e utilização de instrumentos adequados às demandas da era nanotecnológica.

Teubner¹⁶⁷ propõe uma qualificação do conceito de acolpamento estrutural através dos conceitos de *mal-entendidos produtivos*, as chamadas *instituições de ligação* e por sua vez a *responsividade* como forma de trazer refinamentos no decidir social. O que o autor propõe como *mal-entendidos produtivos* é consequência de sua opinião de que o conceito de perturbação não é suficiente para o entendimento do paradoxo de abertura/fechamento dos sistemas e subsistemas sociais.

O sistema do Pluralismo Jurídico, no qual se reforça a importância e utilização de normas informais, de outras esferas e organizações, resolvendo-se assim o problema de ausência de normas estatais, que na atual sociedade pós-moderna sequer resolveriam as demandas dotadas de complexidade:

O pluralismo jurídico fascina os juristas pós-modernos, que não se preocupam mais com o direito oficial do Estado centralizado e suas aspirações de abstração, generalidade e universalidade. É na 'lei do asfalto' das grandes cidades norte-americanas ou no 'quase direito' das favelas do Brasil, nas normas informais das culturas políticas alternativas, na colcha de retalhos do direito das minorias, nas normas dos grupos étnicos, culturais e religiosos, nas técnicas disciplinares da 'justiça privada' e, ainda nos regulamentos internos de organizações formais e redes informais que se encontram

¹⁶⁶ ROCHA, Leonel Severo. A produção sistêmica do sentido do direito: da semiótica à autopoiese. In: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, Jose Luis Bolzan (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2008: n. 5. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2009.

¹⁶⁷ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

todos os ingredientes da pós-modernidade: o local, o plural, o subversivo. A diversidade dos discursos fragmentados e hermeneuticamente fechados pode ser identificada por meio de numerosos tipos informais de regras, geradas quase independentemente do Estado e operando em várias esferas informais. O pluralismo jurídico descobre, assim, no 'lado obscuro' do direito soberano, o potencial subversivo dos discursos reprimidos. As mais diversas quase-normas informais e locais são tidas como *supplément* ao moderno ordenamento jurídico oficial, formal, centralizado. Exatamente esta ambivalência, esse caráter dúplice, faz o pluralismo jurídico tão atraente aos olhos dos juristas pós-modernos.¹⁶⁸

Importante ressaltar o entendimento de Rocha¹⁶⁹ sobre o pluralismo jurídico:

No entanto, interessa-nos salientar que a grande mudança teórica e política, ocorrida no final do século XX e neste início do século XXI, no raciocínio jurídico, foi o denominado *Pluralismo Jurídico*. O pluralismo jurídico provocado pelo sucesso da sociologia do Direito é mais interessante do que o pós-positivismo. Por quê? O pluralismo jurídico já percebeu, e desde os seus primórdios, que o Estado – nem estou falando da crise do Estado – não é o único centro produtor de normatividade. Isso quer dizer que existem outros centros de produtores de direitos na sociedade. Hoje existem cada vez mais espaços locais de poder onde existem comportamentos obrigatórios, onde existem regras para serem cumpridas, critérios de controle temporal das expectativas normativas da sociedade, *que não derivam do Estado*. E são extremamente variados: movimentos sociais, sindicatos, ONG's e comunidades, que têm regras próprias para tomada de decisões para grupos de pessoas que as seguem. Assim, são outras regras de Direito que estão surgindo. De certa manei-

¹⁶⁸ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005. p. 81.

¹⁶⁹ ROCHA, Leonel Severo. Observações sobre autopoiese, normativismo e pluralismo jurídico. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2007: n. 4. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2008. p. 177.

ra, sempre existiram, mas estão surgindo sob nossa observação. [grifo do autor]

Através deste sistema, seria possível a utilização no âmbito interno de normas *quase direito*, através da aceitação de normas informais das culturas políticas alternativas, nas normas dos grupos étnicos, culturais e religiosos, nas técnicas disciplinares da *justiça privada* e, ainda nos regulamentos internos de organizações formais e redes informais¹⁷⁰.

Alerta Teubner¹⁷¹ que a inserção de normas estrangeiras, afetam profundamente o sistema interno, causando intensas *irritações jurídicas*, provocando uma série de adaptações e evoluções, não tão simples de serem aceitas pelo sistema jurídico interno. Nas palavras de Teubner¹⁷²:

Quando uma norma estrangeira é imposta a uma cultura jurídica para promover uma mudança social, ela atua como uma irritação, uma dolorosa perturbação do mecanismo jurídico que redundando numa cadeia de novos e inesperados acontecimentos. Ela irrita não só a rotina do sistema jurídico, mas também, num sentido mais profundo – e esse é o cerne da minha tese –, as instituições de ligação, os *binding arrangements* que ligam o direito com meio social envolvente. Normas estrangeiras criam um *outside noise*, causando fortes turbulências no jogo dos discursos no interior dos institutos jurídicos de conexão, compelindo-os não só a rearranjar suas próprias normas internamente, mas também a reconstruir as normas estrangeiras a partir de seus próprios fundamentos. 'Irritações jurídicas' não são simplesmente domesticáveis, elas não se transformam em algo familiar a partir do estranho, elas não se adaptam simplesmente ao novo contexto, mas sim desenvolvem uma dinâmica evolucionária em princípio

¹⁷⁰ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglio Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁷¹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglio Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁷² TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglio Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005. p. 157.

não dominável, na qual tanto o significado das normas externas como o contexto interno serão fundamentalmente alterados. [grifo do autor]

Ainda através de Teubne¹⁷³, traz-se a ideia de compartilhamento de responsabilidades, *pools of risk*, já que se observa uma sociedade global. Relaciona-se com a mudança paradigmática anteriormente exposta (no ponto da metarregulação e autorregulação), centrada na visão integrativa do ambiente pode ser alcançada com novos modelos de gestão, instrumentos de compartilhamento de responsabilidades.

Os *pools* de responsabilidade coletiva relacionam-se à uma cúpula arquitetada juridicamente, alterando a causalidade quase insuperável por parte do Direito, transformando-se de individual para o coletivo, pela simples inserção do ator na comunidade de risco, conforme explana Teubner¹⁷⁴:

Quando falo da 'cúpula', não me vem a mente a obra arquitetônica de Brunelleschi, a cúpula da Catedral de Florença. Vejo, antes, uma arquitetura feia, escura, a cúpula brutal do crime organizado, o topo hierárquico secreto da Máfia, que assombra a vida social da Itália. (...). Naturalmente, para o Direito ela não é uma coisa nem outra, nem mera ficção nem dura realidade. A cúpula é uma construção da arquitetura jurídica, que deve sua existência à única finalidade de já poder responsabilizar indivíduos penalmente, assim que se consegue, juridicamente, provar serem eles membros dessa quase-organização. Quem é membro da cúpula torna-se co-autor do delito mafioso, sem necessidade de comprovação de uma participação concreta no ato criminoso. De fato, a cúpula é uma construção ousada. Mas haveria outro jeito de combater a 'macrocriminalidade'? A construção jurídica da cúpula auxilia na crise de imputação de causalidade. Ela liberta os juristas da dificuldade quase insuperável da prova individual de causalidade, substituindo

¹⁷³ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁷⁴ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005. p. 191.

imputação causal por imputação coletiva. Sob teto da cúpula, a responsabilidade individual transforma-se em responsabilidade coletiva.

Complementando, Teubner¹⁷⁵ ainda elabora a ligação da cúpula com a responsabilização ambiental, que para o caso das nanos faria todo sentido dada a complexidade enfrentada:

Atualmente, os contornos de uma cúpula semelhante àquela mencionada acima estão sendo delineadas também na área da responsabilidade ambiental. O esforço daqueles construtores jurídicos para fundar a arquitetura de responsabilidade ambiental sobre uma estrutura estável de vigamentos causais entre atos individuais e danos ecológicos foi profundamente frustrado pela complexidade e pela falta de transparência das relações de efeitos causais nos três meios ecológicos – ar, água e solo.

Ela consiste em alterações estruturais importantes que possibilitem o necessário incremento na participação da sociedade em geral no processo de tomada de decisão nas questões ambientais, indicando a construção de uma *solidariedade intergeracional*, que é justamente o fortalecimento da democracia direta e participativa nessa tomada de decisão, principalmente porque se projetam no tempo e repercutem no futuro de maneira a afetar a sociedade independentemente de quem esteja ocupando os cargos nas estruturas estatais. Necessário, assim, que essa participação mais efetiva e comprometida se propague no tempo, afetando positivamente as gerações futuras¹⁷⁶.

¹⁷⁵ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005. p. 192.

¹⁷⁶ ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade jurídica e estado ambiental. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2006: n. 3. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2007.

Destaca-se que a formulação feita por Teubner¹⁷⁷ seria necessária em virtude da complexidade que envolve o trato das questões ambientais pelo Direito.

A proposta de imputação coletiva de Teubner¹⁷⁸ consiste na criação de grupos de risco (*risk pools*), cuja estruturação se daria a partir da definição de áreas de risco ambiental. Tais áreas seriam definidas "(...) como área problemática ecológica, cujos limites deveriam ser definidos pela aptidão para a gestão coletiva de riscos"¹⁷⁹. Nesse sentido, as nanotecnologias poderiam estar inseridas na área de risco ambiental, responsabilizando seus produtores, já relacionados aos grupos de risco.

Nessa perspectiva, a função primordial dos focos problemáticos de caráter ambiental voltar-se-ia à cooperação entre os grupos para atuar em forma de gerenciamento coletivo de risco ambiental. Tal gestão seria uma obrigação de todos os partícipes do pool de risco, ao passo que a falha dessa viria acarretar a incidência da responsabilidade civil ambiental sobre todos os membros¹⁸⁰.

Teubner¹⁸¹ discute nesta parte de sua doutrina a problemática da responsabilidade ambiental, centrando-se na chamada crise de causalidade que se verifica na imputação de fatos danosos onde agentes diversos auxiliariam para a sua ocorrência. Até mesmo por esta razão que criam dificuldades importantes para uma atuação do Direito. De outro modo, consiste a sua ideia nu-

¹⁷⁷ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁷⁸ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engrácia Antunes. Lisboa: Calouste, 1993.

¹⁷⁹ TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engrácia Antunes. Lisboa: Calouste, 1993. p. 205.

¹⁸⁰ KÖHLER, Graziela de Oliveira. **Do nexu causal à imputação coletiva: a responsabilidade civil ambiental na sociedade de risco**. 2009, Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

¹⁸¹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

ma modificação de ponto de vista, partindo do autor do dano exclusivamente para uma orientação sistêmica. Voltando-se para perspectiva mais ampla de responsabilização, ocorre a criação de redes de responsabilidade, onde o fato de integrar essa *comunidade de risco* já bastaria para fazer surgir a responsabilidade individual¹⁸², afirma Weyermüller¹⁸³:

Tudo indica que Teubner, ao defender a criação de áreas de risco específicas e delimitadas, privilegia uma atuação positiva do Estado e ainda a importância de fatores econômicos ao compreender que se faz necessário uma postura bem direcionada dos agentes econômicos, uma vez que a cooperação entre as empresas que fizessem parte dessa delimitação de risco e que tivessem laços entre si na cadeia produtiva seriam estimuladas a ponto de ocorrer uma espécie de 'postura de precaução' aos possíveis eventos danosos que, em ocorrendo afetariam todo o grupo formador da cadeia produtiva, forçando a gestão coletiva desses riscos e, assim, diminuindo, ao menos em tese, a probabilidade de sua ocorrência. Esse mecanismo coletivo de responsabilização teria como elemento definidor uma determinada atividade de um determinado grupo produtivo em um espaço delimitável de atuação e de abrangência de eventuais danos. Isso acabaria por implicar em um dinamismo maior para as estruturas de controle do *pool* e do Estado, a fim de evitar os danos, promovendo-se a devida necessidade de cuidados. Objetiva-se, assim, uma atitude ou um processo de decisão preventivo onde a cooperação seria o elemento chave. A pertinência de tal formulação também se revela em virtude da evidente necessidade de haver um somatório de ações estatais e corporativas ligadas entre si para alcançar um objetivo comum. [grifo do autor]

¹⁸² WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁸³ WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, p. 50-51, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

Na verdade, a concepção da tese de Teubner¹⁸⁴ funda-se na crise de causalidade na responsabilização ambiental, analisando a questão da coletivização dos riscos ecológicos, propondo então a imputação coletiva. Verifica uma tendência de criação de comunidades de risco nas quais a flexibilização da causalidade e a inversão do ônus da prova culminam na responsabilização de agentes individuais por ações de terceiros. Torna-se então suficiente o simples fato de ser membro de uma comunidade de risco para a responsabilidade por danos ambientais. São onerados com um risco adicional de responsabilidade.

Portanto, tal mecanismo de responsabilidade acabaria por reforçar a gestão coletiva dos riscos e, o que acarretaria a provável diminuição de sua ocorrência, fazendo jus à precaução exigida nos contextos das nanotecnologias, principalmente do *nanowaste*, já que no presente momento as empresas, consumidores, e demais atores do ciclo de vida não adotam nenhuma postura responsável quanto a destinação final do *nanowaste*.

Não se descarta que o Estado segue sendo importante para organização e regulação, mas numa conjuntura atual global, ganha espaço as organizações internacionais, o que gera uma facilitação nas operações de Política e Direito supranacionais e transnacionais¹⁸⁵:

Na verdade, o Estado-Nação continua a ser a forma mais comum de organização política, mesmo em um sistema político global, caracterizado por uma grande variedade de institucionalizações e de organizações internacionais, supranacionais e transnacionais. Contudo, a autoridade política, os vínculos coletivos e as fontes de legitimação do Estado-Nação estão perdendo sua exclusividade estrutural e simbólica. O Estado, utilizado simultaneamente para ocupar um espaço comunicativo dentro dos sistemas legais e políticos e a dominar a organização do seu acoplamento estrutural,

¹⁸⁴ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontexturalidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁸⁵ PRIBÁN, Jirí. A questão da soberania no pluralismo global. In: SCHWARTZ, Germano; PRIBÁN, Jirí; ROCHA, Leonel Severo. **Sociologia sistêmico-autopoética das constituições**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

torna-se apenas mais uma organização da sociedade global, facilitando as operações de política e Direito supranacionais e transnacionais.¹⁸⁶

Este acoplamento estrutural gera uma maior flexibilidade e aptidão para regular as áreas das nanotecnologias, as quais se enquadram mais num cenário global, de utilização de Direito supranacionais e transnacionais, do que propriamente em um Direito nacional, interno e hermeticamente fechado.

Ademais, necessária a mescla entre instrumentos de diferentes sistemas, promovendo a comunicação entre níveis diversos de fontes legais, que ao final culmina na harmonização pela adoção de padrão regulatório:

Existe a necessidade de uma visão de estrutura múltipla-sistêmica combinando a mistura de instrumentos diversos para provir de diferentes níveis de fontes da lei e política onde o acoplamento crucial incisivo entre o conceito do EPR – Extended Producer Responsibility com acordos voluntários flexíveis é importante porque aquela escolha tem um efeito numa tendência global, que se direciona a uma segunda hipótese formulada com introdução deste artigo e valida a possibilidade de usar um conceito de EPR como ferramenta legal em nível global. Ademais o nível internacional de estandardização é importante pois pode ser usado como ferramenta de harmonização. [tradução nossa]¹⁸⁷

Desta maneira, este sistema *pluri-jurídico* de Teubner validaria os instrumentos com potencial regulatório, oriundos da autorregulação, encontradas em sistemas diversos ao jurídico, e que desta forma possibilitaria a regulação de maneira mais adequada. Viável mesclar ainda utilização da teoria Luhmanniana, relativa à comunicação, mas a proposta de Teubner, do Pluralismo Jurídico,

¹⁸⁶ PRIBÁN, Jirí. A questão da soberania no pluralismo global. In: SCHWARTZ, Germano; PRIBÁN, Jirí; ROCHA, Leonel Severo. **Sociologia sistêmico-autopoietica das constituições**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015. p. 134.

¹⁸⁷ CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 219, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

se mostra mais efetiva e adequada para dar conta das atuais peculiaridades das nanotecnologias.

Aliado ao pluralismo jurídico, os *pools* de responsabilidade trariam maior peso ao desenvolvimento das nanotecnologias com a destinação final adequada dos *nanowaste*, pois o mecanismo de responsabilidade acabaria por reforçar a gestão coletiva dos riscos, o que acarretaria a provável diminuição de sua ocorrência, fazendo jus à precaução exigida nos contextos das nanotecnologias, principalmente do *nanowaste*.

Nas palavras de Engelmann¹⁸⁸, é o “(...) momento da criatividade para o Direito por meio da valorização da multidimensionalidade”. Por conta disso, a comunicação de diversas áreas e ciências, promoverá a inter-relação entre os atores envolvidos na geração de um novo modelo de inovação, lastreado na produção científica, mas com foco de sustentação no Estado e no resultado da produção industrial. Portanto, impõe-se lidar com a pluralidade interconectada das fontes, em caminhos imprecisos e inseguros, com novas feições de direito subjetivos, construídas a partir do conteúdo envolvido entre os sujeitos à luz dos princípios constitucionais. Ainda, este conjunto será permeado pelas diversas áreas de conhecimento – incluindo o Direito, conduzidos pelo fio da gestão dos riscos conhecidos (mediante o uso da prevenção) e dos riscos desconhecidos (pela mobilização de ações de precaução)¹⁸⁹.

É imprescindível a construção de um novo modelo regulatório com reconhecimento também do Estado, onde se possa atribuir como característica a atuação ambiental efetiva, prescindindo da formulação de políticas públicas e instrumentos de par-

¹⁸⁸ ENGELMANN, Wilson. O direito das nanotecnologias e a (necessária) reconstrução dos elementos estruturantes da categoria do “direito subjetivo”. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 356.

¹⁸⁹ ENGELMANN, Wilson. O direito das nanotecnologias e a (necessária) reconstrução dos elementos estruturantes da categoria do “direito subjetivo”. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014.

ticipação na esfera privada – como organizações internacionais, agências regulatórias e Organizações não Governamentais (ONG's) –, as quais entendam a realidade de crise ambiental, e busquem o enfrentamento para contemplar a urgente coevolução entre os sistemas da Economia e do Direito. Essa coevolução sistêmica é possível com a produção de diretrizes e normas que passem a incorporar em suas formulações a primordial necessidade de adaptação da atuação estatal à nova realidade¹⁹⁰.

Possível assim adotar o protocolo da OECD, como instrumento autorregulatório apto a realizar a gestão do *nanowaste*, provendo diretrizes adequadas ao destino final dos nanomateriais e no proceso de tratamento de resíduos, respeitando a precaução exigida no cenário de risco das nanotecnologias, fundamentado no Pluralismo Jurídico de Teubner e aliado à formulação dos *pools* de responsabilidade do mesmo doutrinador¹⁹¹.

Como Morin¹⁹² adverte, “É preciso saber que a ciência não têm a missão providencial de salvar a humanidade, porém, têm poderes absolutamente ambivalentes sobre o desenvolvimento futuro da humanidade”, e papel do Direito é este. Talvez não consiga alcançar a plenitude de respostas às complexidades nanotecnológicas, contudo, no mínimo deve buscar alternativas regulatórias, mesmo que os instrumentos sejam estranhos ao meio jurídico, pois estes meios podem ser os únicos aptos a gerenciar demandas nunca enfrentadas num cenário de risco.

Num cenário de incertezas, numa sociedade de risco mundial¹⁹³, onde enfrenta-se uma série de novas ameaças, necessário dedicar-se momento atual, adotando medidas precaucionais, as melhores disponibilizadas pelas diretrizes científicas elaboradas por

¹⁹⁰ WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, p. 50-51, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

¹⁹¹ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglio Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁹² MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 125.

¹⁹³ BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

organizações internacionais de referência, não deixando que a lacuna científica sobre efeitos das nanotecnologias sejam uma aceitação para o desenvolvimento irresponsável. Precisa-se salvaguardar agora a geração presente e futura, com fundamento em Ost, quando afirma que “Por aí se vê que a construção do presente, justa medida dos tempos misturados, é uma questão de responsabilidade¹⁹⁴”.

Face às novas complexidades enfrentadas, principalmente no tema das nanotecnologias e resíduos, o Direito precisa se reformular, abordar caminhos alternativos para construir novos cenários. A lei estanque, fechada, não dará conta desta nova realidade. O movimento dos saberes, da interconexão de conhecimento, da adoção de normas informais, da ligação entre ciências e comunicação entre sistemas diversos é a alternativa para promover esta construção jurídica. Vivencia-se a necessária reconstrução permanente, como defende Ost¹⁹⁵,

Em vez de verdades universais e imutáveis, é mais de conjecturas, hipóteses, interpretações e de narrativas que é preciso falar: longe de assentar em fundamentos absolutos, a ciência parece estar sempre em suspenso -mais suspensa do que fundada; longe de se entender por um processo cumulativo de acumulação de conhecimentos, dá o espetáculo de uma paisagem em recomposição permanente.

A adoção de mecanismo autorregulatório é a alternativa viável frente às complexidades e dinamicidade da era nanotecnológica. O movimento estatal, através de processo legislativo, não acompanha o “tempo”(fazendo uma alusão à Ost) dos nanomateriais e sua interação com o ecossistema. Com o consumo e descarte (inadequado) cada vez maior de *nanowaste* no meio ambiente, necessário implementar instrumento autorregulatório, atual e apto para realizar a gestão dos resíduos nanotecnológicos. Utilizar do que há de mais aprofundado e referência no campo de pesquisa das nanotecnologias, como as diretrizes geradas

¹⁹⁴ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 432.

¹⁹⁵ OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 328.

pela OECD, mostram-se medidas minimamente precaucionais, e eficazes para promover a destinação final do *nanowaste* adequada, bem como elaborar processos de tratamento de lixo igualmente apropriados num cenário permeado por incertezas e medo de danos futuros.

CONCLUSÃO

A recente quebra de paradigma do poder das novas tecnologias vem despertando uma preocupação iminente no que tange à proteção do meio ambiente, incluindo-se a vida humana, chamando atenção para o desenvolvimento das nanotecnologias. Elas estão inseridas no cenário da denominada *Quarta Revolução Industrial*¹. Observa-se a difusão e consumo dos mais diversos produtos elaborados em escala nano, trazendo as promessas de benefícios impressionantes, como na aplicação dos nanocosméticos, medicamentos para tratamento de câncer, shampoos, cremes antirugas, remediação do meio ambiente, dentre tantos outros. Atualmente enfrentam-se novos desafios, que ultrapassam as barreiras dos laboratórios, atingindo as incertezas científicas e riscos no que se refere aos impactos no meio ambiente e vida humana.

São novos questionamentos, novas demandas, as quais o Sistema do Direito, em sua confluência atual (aguardando primeiro o acontecimento do fato relevante para depois regulá-lo através de dispositivo legal), não terá condições de prover respostas aptas para a complexidade das nanotecnologias. Para este remodelamento da seara jurídica às novas *irritações*, necessário buscar alternativas fora das disposições legais, alcançando novos modelos regulatórios, a partir de instrumentos de outros sistemas, com maiores aptidões técnicas para fornecer estes *gaps* à regulação das nanotecnologias.

Pelo que se depreende do estudo apresentado, a produção em nano escala encontra-se em amplo crescimento, num patamar de investimento dos mais significativos, que reflete no alto consumo pela sociedade em geral. Disponíveis no mercado mundial, encontram-se registrados por volta 8000 produtos com

¹ SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradutor Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

esta nova tecnologia². Em consequência do maior consumo de nanoproductos, observa-se o aumento de depósito e descarte de resíduos com nanomateriais, trazendo um novo alerta, sobre o *nanowaste*.

Não há certeza sobre os (possíveis) danos que o descarte inadequado no meio ambiente destes materiais pode causar, ressaltando-se, portanto, a existência do risco. Uma vez que as propriedades físico-químicas dos materiais em escala nano podem diferir das propriedades dos materiais em escala macro, o comportamento destas partículas torna-se uma incógnita, e assim, todo o ciclo de vida destes materiais também é desconhecido. Não se sabe, por exemplo, se haverá reação com outras partículas, se ocorrerá agregação, como será a dispersão e a bioacumulação. Tratam-se de riscos incertos, abstratos, globais, invisíveis e irreversíveis³. Observa-se o desvelamento da era nanotecnológica na Sociedade de risco, em nível mundial, trazendo para a área do Direito o movimento necessário para a adaptação do mundo jurídico às nanotecnologias. Contudo, estudos realizados até o momento sinalizam para o (potencial) dano (futuro) ao meio ambiente, ante as condições de nanotoxicologia expostas nesta interação.

Os riscos associados à novas tecnologias ou processos permeados por elevados graus de incerteza científica, agora adquirem maior visibilidade por meio da afirmação, das discussões em nível internacional como fóruns, meetings, pois tais riscos são capazes de comprometer a existência de todas as formas de vida⁴. Seguindo a afirmação de Ayala⁵, “A realidade dos riscos ganhou

² INTRODUCTION. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

³ HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN, Wilson. **Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão do risco a partir do diálogo entre as fontes do direito**. Curitiba: Juruá, 2014.

⁴ AYALA, Patryck de Araújo. Direito ambiental da sustentabilidade e os princípios de um direito ambiental de segunda geração na PNMA. In: LOPEZ, Teresa Ancona; LEMOS, Patrícia Faga Iglecias; ROGRIGUES JUNIOR, Otavio Luiz (Coord.). **Sociedade de risco e direito privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais**. São Paulo: Atlas, 2013.

⁵ AYALA, Patryck de Araújo. Direito ambiental da sustentabilidade e os princípios de um direito ambiental de segunda geração na PNMA. In: LOPEZ, Teresa Ancona; LEMOS, Patrícia Faga Iglecias; ROGRIGUES JUNIOR, Otavio Luiz (Coord.).

complexidade adicional e exige que novo esforço seja realizado para sua compreensão e para proposição de alternativas que sejam capazes de enfrentá-las", e para as nanotecnologias e destino final adequado para o *nanowaste*, este será o papel a ser desempenhado pelo Sistema do Direito.

Portanto, este foi o objetivo do capítulo segundo da obra, apresentar as características básicas das nanotecnologias, aferir sua difusão na atual sociedade, ante as diversas possibilidades de novos produtos e promessas benéficas, atrelado ainda à apresentação das estatísticas com nanotecnologias, demonstrando o efetivo crescimento em nível internacional e nacional. Contudo, verificou-se as ambiguidades dos nanoprodutos, pois do encontro às maravilhosas *manipulações* em escala nano, afere-se o (potencial) dano no meio ambiente e vida humana, inserindo-as no cenário de risco.

Passando ao terceiro capítulo, nota-se que o presente tema apresenta indefinições já no que tange à caracterização dos nanomateriais, pois não há consenso ou padronização internacional quanto sua definição. A complexidade inicia-se deste a definição. Quanto maior o aprofundamento, aumentam as dificuldades, como no caso da análise do ciclo de vida dos nanomateriais. No enfrentamento às incertezas científicas sobre as nanotecnologias, essencial analisar então o seu ciclo de vida, partindo da avaliação a partir da fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e eliminação dos resíduos. Os efeitos do ciclo completo sobre o meio ambiente, a saúde e a segurança deveriam ser avaliados antes da comercialização, pois uma vez dissolvidos na natureza, os produtos fabricados com nanomateriais representam uma classe sem precedentes de contaminantes fabricados. Novos impactos e danos ambientais podem ser esperados a partir da natureza inovadora dos produtos fabricados com nanomateriais, incluindo a mobilidade e a persistência no solo, água e ar, bioacumulação e interações antecipadas com materiais químicos e biológicos⁶. Esses impactos ocultos e a sustentabilidade geral de um

Sociedade de risco e direito privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais. São Paulo: Atlas, 2013. p. 244.

⁶ INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria

produto ou um processo pode ser identificado e analisado usando avaliação do ciclo de vida – LCA, que é um quadro quantitativo utilizado para avaliar os impactos ambientais cumulativos associado a todas as etapas de um material⁷. Desta maneira, foi possível acompanhar todo o ciclo dos nanomateriais, dando maior recorte às nanos no solo, concluindo-se que o mesmo demanda maiores esforços no que tange à reversibilidade no caso de impactos danosos, bem como no acesso por metodologias.

A destinação final do *nanowaste* é iluminado pelas bases do Princípio da precaução. Observa-se que em casos onde há incerteza científica, e potencial danos irreversíveis ao meio ambiente e vida humana, medidas precaucionais são demandadas, fazendo jus à responsabilidade com as futuras gerações. O princípio da precaução possui suas críticas e fragilidades, como por apresentar aspectos dúbios, com difícil dimensionamento e aplicabilidade dada seu grau de flexibilidade e abertura. Contudo, adicionado ao princípio, deverá ser utilizado todos os estudos e bases científicas disponíveis para avaliar o risco, analisar as possibilidades de danos, buscando alternativas sustentáveis e mais seguras para a complexidade das nanotecnologias. Na conjuntura do destino final do *nanowaste*, a precaução é indispensável, pois pesquisas vêm demonstrando vários alertas *vermelhos* de efeitos danosos ao ecossistema. Mesmo não havendo consenso, a inércia não pode dominar as formulações de políticas responsáveis para com o ecossistema. Uma regulação apta é exigida fundada no princípio ambiental da Precaução, para assegurar a segurança mínima de desenvolvimento desta nova tecnologia, sob pena de pôr em risco, com consequências irreversíveis à vida humana.

Desta maneira, o capítulo 3 deste livro investigou o misterioso ciclo de vida dos nanomateriais, com ênfase nas nanotecnologias

Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

⁷ PATI, Paramjeet; MCGINNIS, Sean; VIKESLAND, Peter J. Waste not want not: life cycle implications of gold recovery and recycling from nanowaste. **Environmental Science: nano**, London, v. 3, n. 5, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

no solo, analisando ainda o Princípio da precaução exigido nesta conjuntura, apresentando-se ainda os contrapontos a esta base principiológica, com posições contrárias a ele. Um aliado à precaução seria o princípio Poluidor-pagador, que reforça a responsabilização do agente para o caso de não evitar o dano. Perpassou-se ainda no histórico das teorias do risco, abordando Douglas (com percepção cultural do risco), Beck (com suas duas obras mais importantes, da Sociedade de Risco e Sociedade de Risco mundial) e Luhmann, adotando-se por fim, como marco teórico, a distinção apresentada pelo autor, sobre risco e perigo, que se encaixam melhor para as demandas nanotecnológicas, inclusive antevendo o então dano futuro. A partir de uma avaliação do risco, verificou-se as dimensões da incerteza, com o intuito de demonstrar a busca pelo encaixe das nanos em alguma modulação, seja no risco (lato senso), incerteza, ambiguidade ou ignorância. Tal diferenciação deixou em aberto tal resposta, pois como as nanotecnologias são diversas técnicas aplicadas à produto ou material, as características de cada um são específicas. Assim, dependendo da nanotecnologia empregada, o grau de modulação poderá variar, e na grande maioria, possível concluir que em virtude de inexistência de pesquisas e conhecimentos técnicos, estariam inseridas na dimensão de ignorância. Ressalta-se que a aferição da dimensão respectiva, remete à determinado grau de precaução. Identificando então a modulação, mais adequada e responsável a adoção de medidas precaucionais, na exata proporção exigida.

Partindo para o quarto e último capítulo, analisou-se a autorregulação e metarregulação, suas diferenciações e vulnerabilidades. Possível ainda perspectivar um direito transnacional e global. Conforme já afirmado, não há na conjuntura atual regulação específica para as nanos em geral, tampouco para a questão do *nanowaste*, sobre a gestão adequada deste novo resíduo e processos de tratamento. Contudo, encontram-se instrumentos com potencial (auto)regulatório em diversas organizações internacionais, sejam privadas, governamentais, ONG's, que realizam pesquisas aprofundadas nos variados questionamentos das nanotecnologias. Nesse sentido, é possível citar a NIOSH, FDA, European Commission, NHI, REACH, NanoReg, a própria OECD, instituição foco

nesta investigação, em virtude do estudo específico sobre *nano-waste*, dentre tantas outras.

Avaliou-se o movimento inicial regulatório brasileiro, contando com quatro iniciativas legais. Observa-se estas quatro iniciativas legais, a proposição de projeto de Lei nº 19/2014, no Rio Grande do Sul; dois projetos de lei no âmbito federal (Câmara de Deputados), de nº 5133/2013 e nº 6741/2013 e o Projeto de Lei nº 1456/2014, no Estado de São Paulo, apresentando ainda a situação legislativa de cada uma delas.

Vislumbra-se o movimento de novos atores globais, também nacionais (como a ANVISA e ABDI, no Brasil), com papel importante na elaboração de mecanismos autorregulatórios, os quais poderiam ser adotados (ou validados) pelo Estado. Mas enquanto a inércia estatal permanece, as autorregulações podem ser adotadas pelas indústrias e novos protagonistas no cenário das nanotecnologias, como verdadeira gestão de risco, iluminado pelo Princípio da Precaução. Diante da necessidade de pesquisas e diretrizes aprofundadas e específicas para a questão do *nanowaste*, "(...) o juízo técnico-científico (=ecológico) enlaça-se no juízo técnico-jurídico", sem aquele, este fica esvaziado, já que foram os conhecimentos ecológicos que determinam o conteúdo do comportamento juridicamente devido"⁸. Ou seja, mesmo adotando-se uma regulação, ela deve estar diretamente conectada com as bases científicas que orientam as condutas ambientais a serem tomadas.

Seguindo este escopo, vislumbra-se que a adoção do protocolo da OECD⁹ dá efetividade a esta *comunicação* necessária, pois as diretrizes serviriam como marcos regulatórios, observadas as melhores orientações pertinentes ao manejo e tratamento adequado do *nanowaste*. Mesmo a autorregulação sendo de adoção espontânea, ela perfaz as condições suficientes para gerar efeitos no meio jurídico regulatório. Mesmo que tal "(...) instrumento não detenha condição

⁸ GARCIA, Maria da Glória F. P. D. **O lugar do direito na proteção do ambiente**. Coimbra: Edições Medina, 2015. p. 372-373.

⁹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

de *hard law*, a extensão de representatividade do consenso exposto em seu conteúdo não lhe subtrai a capacidade de influenciar a sociedade internacional e as experiências jurídicas modernas(...)"¹⁰ [grifo do autor]. Este é o panorama dos instrumentos autorregulatórios da OECD, mais especificamente sobre o *nanowaste*¹¹, o qual fornece bases científicas sobre a interação dos resíduos no meio ambiente, relacionado ainda aos quatro tipos de tratamentos possíveis com *nanowaste*, incineração, reciclagem, deposição em aterro sanitário e tratamento de águas residuais, fornecendo orientações sobre quais medidas adicionais adotar, aliada à melhor gestão do *nanowaste*, com destinação final adequada.

Portanto, ressalta-se a importância das diretrizes e recomendações fornecidas pela OECD, a qual realizou grande estudo sobre diversas formas de tratamento de resíduos, relacionando-os diretamente às nanotecnologias. Entretanto, nem mesmo tal pesquisa foi decisiva a ponto de dar certeza científica sobre a eficácia destes tratamentos – como reciclagem, incineração, tratamento de água e deposição em aterro – com os nanomateriais, tendo em vista que todos não se apresentaram 100% eficazes na contenção e filtragem destas partículas no ambiente. Ressalta-se que tal orientação propõe mecanismos preventivos auxiliares. Contudo, não se pode deixar de dar o devido valor a tal protocolo, pois tal regulação teve como propósito minimizar os efeitos no meio ambiente, e foi o que se constatou, que pelo menos houve a contenção e proteção mínima do ecossistema frente aos nanomateriais e suas emissões. Aliada a tal orientação, é que se destaca o Princípio da Precaução, mecanismo principiológico amplamente utilizado em causas ambientais onde o risco de dano ambiental é impreciso, mas iminente, e a ausência de medida precaucional pode acarretar danos inestimáveis à humanidade.

Diante da abstenção estatal e ausência de políticas governamentais no que tange à regulação das nanotecnologias, os descartes de nanomateriais vão ocorrendo à revelia, sem qualquer

¹⁰ MAZZUOLI, Valério de Oliveira. **Curso de direito internacional público**. 5 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011. p. 153.

¹¹ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

adoção de medidas precaucionais com intuito de proteger o meio ambiente. Assim sendo, o protocolo fornecido pela OECD mostra-se um marco regulatório mínimo que poderia ser inserido no cenário nacional, de maneira que mesmo não contendo os tratamentos a completude na eliminação e afastamento das nanopartículas no meio ambiente, tais medidas corroboram com a minimização dos impactos das nanotecnologias no meio ambiente.

Não se descarta a importância do Estado (principalmente nas vulnerabilidades encontradas nos mecanismos autorregulatórios, como no caso de conflitos entre interesse privado e público), trabalhando ele "(...) tal como maestro, perante a qualidade dos cantores, orienta a intervenção de vozes e a respectiva intensidade (...)"¹², fazendo analogia aos novos atores nesse movimento alternativo pela busca de instrumentos adequados para as nanotecnologias, citados acima. Ademais, "A cooperação entre os intervenientes – entidades públicas e privadas, pessoas ou grupos – deve, por sua vez, assentar compromissos éticos de fidelidade a princípios, transparência de procedimentos, responsabilidade pelo futuro"¹³.

Ganha lastro teórico e fundamentos a adoção do protocolo da OECD a partir do Pluralismo Jurídico de Teubner, que reconhece a elaboração e construção de marcos regulatórios, normas informais, pluralismo de formas e fontes, validando regulações de fora do sistema do Direito, possibilitando a validação destes marcos autorregulatórios como regulação apta para o enfrentamento da complexidade das nanotecnologias. Dialoga ainda a presente proposta com a comunicação entre os sistemas, lecionada por Luhman. Contudo, uma limitação nesta teoria seria o enclausuramento dos sistemas, que somente possibilitaria uma interação entre marcos regulatórios estranhos, inseridos no sistema do Direito através das irritações. Por esta razão que é possível desenvolver uma linha complementar ao pluralismo de Teubner. Por fim, dando maior efetividade à adoção das autorregulações, atrela-se a proposta aos *pools* de responsabilidade do mesmo autor, que reforça a responsabilidade coletiva na ocorrência de danos ambi-

¹² GARCIA, Maria da Glória F. P. D. **O lugar do direito na proteção do ambiente**. Coimbra: Edições Medina, 2015. p. 347.

¹³ GARCIA, Maria da Glória F. P. D. **O lugar do direito na proteção do ambiente**. Coimbra: Edições Medina, 2015. p. 347.

entais. Nesse sentido, a formulação das *cúpulas* de responsabilidade são adequadas e promovem a interface entre o Direito ambiental e nanotecnologias.

Arelada à pesquisa teórica, este estudo realizou a coleta e análise de dados de documentos específicos da OECD, relativos ao risco, segurança, definições e *nanowaste*, a fim de avaliar o enfrentamento sobre a questão dos resíduos nanotecnológicos. A primeira proposta de análise de conteúdo seguindo Bardin¹⁴ foi a coleta e análise dos 80 documentos da OECD, da série *Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials*¹⁵, elaborados de 2006 a 2017 (e que inclusive permanecem sendo produzidos). Possível observar-se que o risco ainda tem maior destaque nas pesquisas, permeado pela atenção aos possíveis danos (futuros) ao meio ambiente, indicando uma gestão. Ante a incerteza científica, demanda-se por regulação, tendo os termos respectivos 35% das citações.

Por outro lado, mesmo diante do grande desenvolvimento das nanotecnologias e contexto de risco – que consequentemente geram mais resíduos-, ao longo dos quase 11 anos de publicações, não ocorreram citações do termo resíduos (waste) na mesma proporção que outras palavras. Inclusive, “*nanowaste*” foi registrado apenas 09 vezes. Não se pode desconsiderar a importância dos resíduos nanotecnológicos nos documentos, mas tal discussão ainda é menor e incipiente, em comparação com risco e nanosegurança. Inclusive, importante ressaltar que o termo “*nanowaste*” foi citado pela primeira vez no documento n.º 34, em setembro de 2012.

Por fim, constata-se que o debate específico sobre o *nanowaste* ainda é incipiente, pois ao longo de quase 11 anos, ele é citado apenas 09 vezes, ganhando maiores contornos em 2016, com a publicação do guia *Nanomaterials in Waste Streams*. Uma

¹⁴ BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

¹⁵ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Publications in the series on the safety of manufactured nanomaterials**: [report: período de 2006 a 2017]. Paris, 2006-2017. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

vez que a produção em nanoescala apresenta-se em crescente evolução, maior será a quantidade de nanomateriais no ecossistema, requer-se o aprofundamento de pesquisas neste tema, e face o risco, demanda-se a adoção de instrumentos com potencial autorregulatório, preservando minimamente a saúde humana e meio ambiente.

Num segundo momento, realizou-se a coleta de dados na pesquisa específica sobre o *nanowaste*, com base do livro *Nanomaterials in waste Streams*, da OECD. Analisando tais dados, possível apontar para a explícita preocupação sobre o risco e perigo (*hazard*) advindo das nanotecnologias. Este aspecto já se encontra pacificamente inserido no debate mundial sobre as nanos, e não ficaria de fora da OECD. Por outro lado, a atenção ao meio ambiente ficou mais explícita no documento, pois citou "*environment*" por 325 vezes, contudo, não relacionado tanto a segurança para a saúde humana. Principalmente por se tratar de estudo sobre resíduos, a preocupação com meio ambiente é uma das mais levantadas, dado o avanço de produção e conseqüente descarte no ecossistema sem regulação específica. Nesta senda, outro ponto ressaltado é a preocupação com a gestão dos resíduos, citando o termo "*waste*" 830 vezes e "*nanowaste*" mais 54 vezes. Aliado a isso, o intuito de regulação específica se faz presente, inserindo os termos respectivos "*regulation/regulatory*" 24 oportunidades, somando-se ainda "*framework*", por 9 vezes. Portanto, a atenção constante ao risco permanece em destaque, com maior direcionamento ao meio ambiente, principalmente na questão dos resíduos nanotecnológicos, fomentando assim a adoção de regulação específica, que neste caso poderia utilizar-se do protocolo da OECD. Contudo, observadas as menores ocorrências no protocolo, como termos "*human health*", maiores esforços deverão ser concentrados nessa área, pois a segurança dos nanomateriais e impactos deverão ser observados principalmente com a vida humana, que neste aspecto não foi aprofundado.

O tema dos resíduos nanotecnológicos está em movimento inicial, mas os dados existentes sobre a destinação final inadequada e ausência de gestão do *nanowaste* trazem o alerta sobre os (possíveis) impactos ao meio ambiente e saúde humana. É neste viés que se incorpora o tema ao Sistema do Direito, que não pode ficar inerte a tal complexidade presente na sociedade. De-

ve então o Direito buscar alternativas a fim de prestar respostas adequadas à demanda da ausência de regulação específica das nanos, mais precisamente sobre *nanowaste* e destinação final. Portanto, possível adotar o protocolo da OECD como instrumento autorregulatório apto para realizar a correta, necessária e urgente gestão no *nanowaste*, minimizando o risco e promovendo medidas minimamente precaucionais, exigidas neste cenário de incertezas e (potencial) danos ao meio ambiente, requerendo responsabilidade no desenvolvimento das nanos. Tal adoção de marco autorregulatório é viável pelas possibilidades comunicativas entre Luhmann e o Pluralismo Jurídico de Teubner, bem como ganha maior retoque com a formulação dos *pools* de responsabilidade, confirmando a hipótese apresentada na introdução.

Através da conclusão exposta, retoma-se o problema enfrentado nesta investigação: de que forma os protocolos e diretrizes existentes em âmbito internacional, com pretensão autorregulatória, no caso o protocolo específico da OECD, *Nanomaterials in Waste Streams*, poderão ser utilizados para regular o *nanowaste* como efetiva gestão de risco, num espaço iluminado pelo princípio da precaução. Tal problema está inserido num cenário de grande evolução em escala nanotecnológica, com maior descarte destes materiais no meio ambiente, não havendo regulação específica sobre o *nanowaste* (e igualmente de nenhuma outra área da nanotecnologia). Neste contexto, como a estruturação dos elementos do Pluralismo Jurídico proposto por Gunther Teubner, dialogando ainda com a comunicação de Luhmann, poderá contribuir para modelar um instrumento de autorregulação, permeado pelo princípio da precaução, a partir do protocolo específico da OECD? Aliado a esta fundamentação, os *pools* de responsabilidade, formulado por Teubner, poderiam auxiliar na adoção destes marcos autorregulatórios?

Assim, a hipótese apresentada na introdução, a qual menciona ocorrer a inexistência de marcos regulatórios para as nanotecnologias, tampouco sobre a destinação final dos resíduos nanotecnológicos, vislumbrando a possibilidade de utilização de protocolo oriundo de estudo específico sobre *nanowaste* e processos de gestão de resíduos adequada, da organização internacional

OECD¹⁶, foi confirmada. Observa-se que a viabilidade de acolhimento ou adoção do estudo do *nanowaste* da OECD, realizando a adequada gestão do *nanowaste*, como um modelo de autorregulação, encontra fundamento a partir do *diálogo* entre a comunicação de Luhmann¹⁷, e o Pluralismo Jurídico de Teubner¹⁸, ganhando maior completude a partir desta última lição. Ademais, a formulação de Teubner sobre os *pools* de responsabilidade reforçam a possibilidade de adoção deste marco autorregulatório.

Portanto, no cenário das nanotecnologias, buscando a melhor gestão dos resíduos nanotecnológicos, através de uma destinação final adequada, necessário que se adote o protocolo da OECD, como instrumento autorregulatório apto para prestar respostas aptas no cenário de riscos e incertezas, preservando o meio ambiente e saúde humana, utilizando-se da lição de Bauman¹⁹, pois "O que fazemos (ou nos abstermos de fazer) pode influenciar as condições de vida (ou morte) de pessoas em lugares que nunca visitaremos e de gerações que jamais conheceremos", de modo que "esta é a situação na qual, de forma consciente ou não, hoje produzimos nossa história comum"²⁰.

¹⁶ ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

¹⁷ LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

¹⁸ TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

¹⁹ BAUMAN, Zygmunt. **A ética é possível num mundo de consumidores?** Tradução Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2011. p. 77-78.

²⁰ BAUMAN, Zygmunt. **A ética é possível num mundo de consumidores?** Tradução Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2011. p. 78.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, Kenneth W.; MARCHANT, Gary E.; CORLEY, Elizabeth A. Soft law oversight mechanisms for nanotechnology. **Jurimetrics: the journal of law, science and technology**, Chicago, v. 52, n. 3, p. 279-312, 2012. Disponível em: <<http://cspo.org>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Ações ABDI: frentes de trabalho**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação**. Brasília, DF, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI); INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Panorama de patentes de nanotecnologia**. Brasília, DF: ABDI; Rio de Janeiro: INPI, 2011. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Agenda regulatória: ciclo quadrienal 2013-2016: biênio 2015-2016**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

AGRICULTURE. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

AGRICULTURE. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017b. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

ALBAGLI, Sarita. Biodiversidade e biotecnologia na geopolítica e na geoeconomia mundiais. In: CENTRO INTERNACIONAL DE

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Comércio e meio ambiente**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2001. p. 52-69.

ALISSON, Elton. Empresa paulista dobra prazo de validade de leite fresco pasteurizado. **Agência FAPESP**, São Paulo, 12 jun. 2015. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

ALLAN, Jacqueline E. M. et al. **Nanodata landscape compilation: environment**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ANALITO. In: DICIONÁRIO Priberam da Língua Portuguesa (DPLP). [S.l.], 2013. Disponível em: <<https://www.priberam.pt/dlpo/analito>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

ANDORNO, Roberto. Validez del principio de precaución como instrumento jurídico para la prevención y la gestión de riesgos. In: ROMEO CASABONA, Carlos Maria (Ed.). **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. p. 17-33.

ANDRADE, Luís Renato Balbão. **Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia**. 2013. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ARAGÃO, Alexandra. Princípios fundamentais do direito dos resíduos. In: ARAGÃO, Alexandra et al. **Direito dos resíduos**. Coordenação científica: João Miranda, Rui Cunha Marques, Ana Luísa Guimarães e Mark Kirkby. Lisboa: Europress, jul. 2014. p. 03-14. (Série cursos técnicos, 4).

ARAGÃO, Maria Alexandra de Sousa. **O direito dos resíduos**. Coimbra: Livraria Almedina, maio 2003. (Cadernos CEDOUA).

ARAÚJO, Jozi. **PRL 3 CDEICS => PL 5133/2013a**. Parecer da Relatora, Dep. Jozi Rocha (PTB-AP), pela aprovação, com emenda. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ARAÚJO, Jozi. **REQ 3478/2015 => PL 5133/2013b**. Requer a tramitação conjunta do PL nº 5.133/2013 ao PL nº 6.741/2013. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ARCURI, Arline Sydneia Abel. A governança dos riscos laborais da nanotecnologia e o marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, TEIXEIRA, Marcelo Markus (Org.). **A governança dos riscos socioambientais da nanotecnologia e o marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil**. São Leopoldo: Karywa, 2017. p. 26-40. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AUDIÊNCIA pública na Câmara debate nanotecnologia. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, 9 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.protecao.com.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

AYALA, Patryck de Araújo. Direito ambiental da sustentabilidade e os princípios de um direito ambiental de segunda geração na PNMA. In: LOPEZ, Teresa Ancona; LEMOS, Patrícia Faga Iglecias; ROGRIGUES JUNIOR, Otavio Luiz (Coord.). **Sociedade de risco e direito privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais**. São Paulo: Atlas, 2013. p. 243-272.

AZOULAY, David; BUONSANTE, Vito. Regulations of nanomaterials in the EU: proposed measures to fill in the gap. **European Journal on Risk Regulation**, Berlin, v. 5, n. 2, p. 228-235, June 2014. Disponível em: <<https://www.cambridge.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARUAH, S; DUTTA, J. Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. **Environmental Chemistry Letters**, Secaucus, v. 7, n. 3, p. 191-204, Sept. 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BAUMAN, Zygmunt. **A ética é possível num mundo de consumidores?** Tradução Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2011.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco mundial: em busca da segurança perdida**. Tradução: Marian Toldy e Teresa Toldy. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015. Documento disponível para Kindle.

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

BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Torino: Giulio Einaudi, 2003.

BELOKRYLOVA, Ekaterina A. The legal problems of nanotechnology environmental safety provision in the Russian Federation: The Foreign Country's Experience. **Nanotechnology Law & Business**, Pasadena, v. 8, n. 3, p. 203-207, 2011. Disponível em: <<http://www.nanolabweb.com>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

BERGER FILHO, Aírton Guilherme. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. 2016. 437 f. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. **EC publishes nanodata landscape compilation reports**. Washington, Aug. 7 2017. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018. Blog: Nano and Other Emerging Chemical Technologies Blog.

BOLDRIN, Alessio et al. Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, v. 16, n. 6, p. 1-19, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018. Paginação irregular.

BONATTI, Gisele Alves. A sociedade de risco e o princípio da precaução. In: GONÇALVES, Rubén Miranda; VEIGA, Fábio da Silva (Dir.); MAGALHÃES, Maria Manuela (Coord.). **Derecho, gobernanza e innovación**: dilemas jurídicos de la contemporaneidad en perspectiva transdisciplinar. Porto: Ed. Universidade Portucalense, 2017. p. 720-732. Disponível em: <<http://repositorio.uportu.pt>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

BOVERHOF, Darrell R. et al. Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Duluth, v. 73, n. 1, p. 137-150, Oct. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

BOWMAN, Diana M.; HODGE, Graeme A. 'Governing' nanotechnology without government. **Science and Public Policy**, London, v.

35, n. 7, p. 475-487, 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. 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>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

BRITTO, Roberta Socoowski et al. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60 (OH) 18-22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 114-115, p. 80-87, June 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

CARVALHO, Delton Winter de. A construção probatória para a declaração jurisdicional da ilicitude dos riscos ambientais. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 38, n. 123, p. 33-62, set. 2011. Disponível em: <<https://bdjur.tjdft.jus.br>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado; n. 11. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 67-86.

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. 2. ed. rev., atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica**: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

CASSOTA, Sandra. Extended producer responsibility in waste regulations in a multilevel global approach: nanotechnology as a case study. **European Energy and Environmental Law Review**, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 198-219, Oct. 2012. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

CAVE, Holly. Nano: a cleaner option? Could nanotechnology tidy up the planet without leaving a dangerous residue of its own?. **The Guardian**, London, Oct. 18 2013. Disponível em: <<https://www.theguardian.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

CENTER FOR FOOD SAFETY (CFS). **EPA agrees to regulate novel nanotechnology pesticides after legal challenge**. Washington, Mar. 24 2015. Disponível em: <<http://www.centerforfoodsafety.org>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). **11,500-page OECD Dossiers on 11 Nanomaterials are of "Little to No Value" in Assessing Risks**. Washington, Feb. 23 2017. Disponível em: <<http://www.ciel.org>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

CENTER FOR INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW (CIEL). **Our mission**. Washington, 2015. Disponível em: <<http://www.ciel.org>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

CENTER FOR THE ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY (CEINT). **About**: Center for the Environmental Implications of NanoTechnology. Durham, 2017. Disponível em: <<https://ceint.duke.edu/about>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

CHRISTENSEN, Frans Møller et al. **Better control of nanomaterials**: summary of the 4-year Danish initiative on nanomaterials. Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency, 2015. (Environment protect, n. 1797). Disponível em: <<http://www2.mst.dk>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

COLMAN, Benjamin P. et al. Low concentrations of silver nanoparticles produce adverse ecosystem responses under realistic field scenario. **Plos One**, San Francisco, Feb. 27 2013. Disponível em: <<http://journals.plos.org>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Comunicação da comissão**: relativa ao princípio da precaução. 2.2.2000 COM

(2000) 1 final. Bruxelas, 2000. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CMADS). **Projeto de Lei nº 6741, de 2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

DAL FORNO, Gonzalo Ogliari et al. Intraperitoneal exposure to nano/microparticles of fullerene (C60) increases acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation in Adult Zebrafish (*Danio rerio*) Brain. **BioMed Research International**, New York, v. 2013, p. 1-11, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

DAS, S.; SEN, B.; DEBNATH, N. Recent trends in nanomaterials applications in environmental monitoring and remediation. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 22, n. 23, p. 18333-18344, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

DELMAS-MARTY, Mireille. **Três desafios para um direito mundial**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2003.

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC); NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Approaches to safe nanotechnology**: managing the health and safety concerns Associated with Engineered Nanomaterials. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2009. (DHHS NIOSH Publication, n. 2009-125). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 08 mai 2018.

DIMKPA, Christian O. Can nanotechnology deliver the promised benefits without negatively impacting soil microbial life?. **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, v. 54, n. 9, p. 889-904, Sept. 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção dos riscos tecnológicos e ambientais. Tradutora Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

DUARTE, Edson. **PL 5076/2005**. 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. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE. A nanotechnology method for storing vaccines at room temperature. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 13 ago. 2017. Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 13 fev. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

EMBED TELLO, Antonio Eduardo. Retos de la relación ciencia-derecho: la procedimentalización de la evaluación de riesgos en la Unión Europea. In: DARNACULLETA GARDELLA, M. Mercè; ESTEVE PARDO, José; DÖHMANN, Indra Spiecker (Ed.). **Estrategias del derecho ante la incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 89-102.

ENGELMANN, Wilson et al. Nanotecnologias aplicadas aos alimentos e biocombustíveis: construindo modelos jurídicos fundados no princípio da precaução. In: SILVA, Tânia Elias Magno da; WAISSMANN, Willian (Org.). **Nanotecnologias, alimentação e biocombustíveis: um olhar transdisciplinar**. Aracaju: Criação, 2014. v.1, p. 49-98.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (Org.) **Constitucionalismo democrático na América Latina: desafios do século XXI**. Curitiba: Multideia, 2015. p. 105-122.

ENGELMANN, Wilson. O direito das nanotecnologias e a (necessária) reconstrução dos elementos estruturantes da categoria do “direito subjetivo”. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 11**. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2014. p. 339-359.

ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego

da nanotecnologia. In: SOUZA, Ismael Francisco; VIEIRA, Reginaldo de Souza (Org.). **Direitos fundamentais e estado**: políticas públicas e práticas democráticas. Criciúma: Ed. UNESC, 2011a. p. 407-422.

ENGELMANN, Wilson. Os avanços nanotecnológicos e a (necessária) revisão da Teoria do Fato Jurídico de Pontes de Miranda: compatibilizando “riscos” com o “direito à informação” por meio do alargamento da noção de “suporte fático”. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: n. 8. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2011b. p. 339-363.

ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. **Vigilância Sanitária em Debate**: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 115-127, nov. 2013. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. 1. ed. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). **Nanocosméticos e o direito à informação**: construindo os elementos e as condições para aproximar o desenvolvimento tecnocientífico na escala nano da necessidade de informar o público consumidor. Erechim: Devian, 2015. p. 15-76.

ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide; HOHENDORFF, Raquel von. **The perception of the nanotechnology and its risks on the legal assessment of future damage**. São Leopoldo, 2017. Artigo inédito, não publicado.

ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio: construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**: RDA, v. 18, n. 69, p. 13-51, jan./mar.

2013. Disponível em: <<https://bdjur.stj.jus.br>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ERENO, Dinorah. Interações fatais. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 226, p. 70-73, dez. 2014. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **How to prepare registration dossiers that cover nanoforms: best practices**. Version 1.0. Helsinki, May 2017a. Disponível em: <DOI: 10.2823/128306>. Acesso em: 29 jul. 2017.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Understanding REACH**. Helsinki, 2017b. Disponível em: <<https://echa.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. Environment. Eco-Management and Audit Scheme. **What is EMAS?** Brussels, 2017. Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work: guidance for employers and health and safety practitioners**. [S.l.], Nov. 2014. (Employment, social affairs & inclusion). Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. High-Level Expert Group on key Enabling Technologies (HLG-KET). **Final Report: KETs: time to act**, Brussels, June 2015. Disponível em: <<http://ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

EUROPEAN NANOSAFETY CLUSTER. **About the Nanosafety cluster**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.nanosafetycluster.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

EUROPEAN PATENT OFFICE (EPO). Munique, 2017. Disponível em: <<https://www.epo.org/index.html>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

EUROPEAN UNION. **EU law and publications**. Luxembourg, 2017. Disponível em: <<https://publications.europa.eu>>. Acesso em: 24 mai 2018.

EUROPEAN UNION. European Commission. A deeper and fairer internal market with a strengthened industrial base. **Annual Report**

2015: Joint Research Centre, Brussels, p. 16-17, 2016a. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

EUROPEAN UNION. European Commission. A stronger global actor. **Annual Report 2015:** Joint Research Centre, Brussels, p. 20-21, 2016b. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

EUROPEAN UNION. European Commission. JRC partners in the eu and beyond. **Annual Report 2015:** Joint Research Centre, Brussels, p. 22-23, 2016c. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

FANG, G. et al. Degradation of 2,4-D in soils by Fe₃O₄ nanoparticles combined with stimulating indigenous microbes. **Environmental Science And Pollution Research International**, Landsberg, v. 19, n. 3, p. 784-793, Mar. 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

FARENZENA, Suélen. O direito como sistema autopoietico regulaco social atraves do direito. **Revista USCS**, São Paulo, ano 11, n. 22, p. 129-149, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://seer.uscs.edu.br>>. Acesso em: 15 jul. 2001.

FERNANDES, Maria Fernanda Marques; FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2001.

FERRARI, Vincenzo. **Primera lección de sociología del derecho**. Traducción de Héctor Fix-Fierro. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2015.

FERREIRA, Jonsecler L. Ribas et al. Co-exposure of the organic nanomaterial fullerene C60 with benzo[a]pyrene in *Danio rerio* (zebrafish) hepatocytes: evidence of toxicological interactions. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 147, p. 76-83, Feb. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

FEYNMAN, Richard P. Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física. Texto traduzido por Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **ComCiência:** Revista Eletrônica de Jornalismo Cientifico, Campinas, 10 nov. 2002. Dis-

ponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Agenda of the meeting**: Joint FAO/WHO Seminar Nanotechnologies in Food and Agriculture FAO. Rome, Mar. 27 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

FRANZIUS, Claudio. Autorregulación regulada como estrategia de coordinación. In: DARNACULLETA GARDELLA, M. Mercè; ESTEVE PARDO, José; DÖHMANN, Indra Spiecker (Ed.). **Estrategias del derecho ante la incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 217-244.

GARCIA, Maria da Glória F. P. D. **O lugar do direito na proteção do ambiente**. Coimbra: Edições Medina, 2015.

GATTI, Antonietta M.; MONTANARI Stefano. **Case studies in nanotoxicology and particle toxicology**. London: Elsevier, 2015.

GAVANKAR, Sheetal; SUH, Sangwon; KELLER, Arturo F. Life cycle assessment at nanoscale: review and recommendations. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 17, n. 3, p. 295-303, Mar. 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

GERMANY. Federal Ministry of Education and Research. **Action plan nanotechnology 2020**: an inter-departmental strategy of the Federal Government. Rostock, Oct. 2016. Disponível em: <<https://www.bmbf.de>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

GOMES, Viviane Passos. Auto-regulação empresarial com instrumento de gestão ambiental na União Europeia. **SCIENTIA IURIS**, Londrina, v. 13, p. 29-46, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

GONÇALVES, Vasco. Critical approach of the use of economic models in precautionary risk management. **European Journal on Risk Regulation**: EJRR, Berlin, v. 4, n. 3, p. 335-345, 2013. Disponível em: <<https://www.jstor.org>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

GOTTARDO, Stefania; HUGUES, Crutzen; JANTUNEN, Paula (Ed.). NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials.

JRC Science for Policy Report, Brussels, Apr. 2017. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

GUIVANT, Julia S. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 95-112, abr. 2001. Disponível em: <<https://revistaesa.com>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

HALLOCK, Marilyn F. et al. Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity. **Journal of Chemical Health and Safety**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 16-23, Jan./Feb. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

HICKS, A. L. et al. Environmental impacts of reusable nanoscale silver-coated hospital gowns compared to single-use, disposable gowns. **Environmental Science: nano**, London, n. 5, p. 1124-1132, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

HOHENDORFF, Raquel von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiá: Paco Editorial, 2015. p. 09-47.

HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN, Wilson. **Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão do risco a partir do diálogo entre as fontes do direito**. Curitiba: Juruá, 2014.

HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor – recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 95-114, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

INOVAÇÃO: o motor da indústria do futuro. **Revista Exame**, São Paulo, ed. 1143, ano 51, n. 15, p. 4-5, 2 ago. 2017. Edição de Aniversário.

INTERDISCIPLINARITY. **Nature**, London, v. 525, p. 325, Sept. 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional

dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <<http://www6.rel-uita.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TC 229**: nanotechnologies. Geneva, 2005. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TS 18110**: 2015: nanotechnologies: vocabularies for science, technology and innovation indicators. Geneva, 2015. Disponível em: <<https://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/TS 27687**: 2008: nanotechnologies: terminology and definitions for nano-objects: nanoparticle, nanofibre and nanoplate. Geneva, 2008. Disponível em: <<https://www.iso.org>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

INTRODUCTION. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ISI indexed nano-articles – 2018. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Jun. 2018a. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ISI indexed nano-articles (article): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

JAFAR, Gohargani; HAMZEH, Ghasemi. Ecotoxicity of nanomaterials in soil. **Annals of Biological Research**, London, v. 4, n. 1, p. 86-92, 2013. Disponível em: <<http://www.scholarsresearchlibrary.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.

KLEIN, G.; WEIDL, T.; ZÖLLNER, R. **Applying nanotoxicology – A non-toxicologist's point of view**. Munich: TÜV SÜD Industrie Service Gm-

bH, [2017?]. Disponível em: <<https://www.tuev-sued.de>>. Acesso em: 09 jun. 2018. 1 pôster, color.

KLEIN, Gerhard. **Safety-relevant properties of nanoparticles**. München: TÜV SÜD Industrie Service GmbH, [2008?]. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

KÖHLER, Graziela de Oliveira. **Do nexo causal à imputação coletiva**: a responsabilidade civil ambiental na sociedade de risco. 2009, 133 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

KÖLLING, Gabrielle; PAULALEITE, Thiago de. Nanotecnologia e riscos sanitários. In: GONÇALVES, Rubén Miranda; VEIGA, Fábio da Silva (Dir.); MAGALHÃES, Maria Manuela (Coord.). **Derecho, gobernanza e innovación**: dilemas jurídicos de la contemporaneidad en perspectiva transdisciplinar. Porto: Ed. Universidade Portucalense, 2017. p. 62-67. Disponível em: <<http://repositorio.uportu.pt>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

KRUG, Harald F. Nanosafety research – Are we on the right track? **Angewandte Chemie International Edition**, Weinheim, v. 53, n. 10, p. 12304-12319, 2014. Special Issue. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 29 mai 2018.

LAZAREVIC, David; FINNVEDEN, Göran. **Life cycle aspects of nanomaterials**. Stockholm: KTH – Royal Institute of Technology, 2013. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

LEAL, Daniele Weber S.; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e meio ambiente: o movimento inicial de marcos regulatórios nacionais em face do contexto de (possibilidade) riscos. In: BIZAWU, Sébastien Kiwonghi; OLIVEIRA, Márcio Luís de (Coord.). **IV Congresso Internacional de Direito Ambiental**: constitucionalismo, economia e desenvolvimento sustentável. Organização Escola Superior Dom Helder. Belo Horizonte: ESDH, 2017. p. 26-45. Disponível em: <<https://www.conpedi.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

LEAL, Daniele Weber S.; HOHENDORFF, Raquel von. Evolução das nanotecnologias e a necessária aplicação da bioética como garantia de respeito à Dignidade humana. In: ALKIMIN, Maria Aparecida; GORDILHO, Heron José de Santana (Coord.). **XXV Congresso**

do CONPEDI – Curitiba: biodireito e direitos dos animais II. Organização CONPEDI/UNICURITIBA. Florianópolis: Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito (CONPEDI), 2016. p. 06-21. Disponível em: <<https://www.conpedi.org.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. **Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo**. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

LIMA, Edilson Gomes de. **Nanotecnologia:** biotecnologia e novas ciências. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

LINKOV, Igor et al. Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision-making, and policy for nanomaterials: summary of NATO Advanced Research Workshop. **Journal of Nanoparticle Research**, London, v. 11, n. 3, p. 513-527, Apr. 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

LUHMANN, Niklas. **El derecho de la sociedad**. 2. ed. Herder: Ed. Universidad Iberoamericana, 2005.

LUHMANN, Niklas. Globalization or world society: how to conceive of modern society? **International Review of Sociology:** Revue Internationale de Sociologie, New York, v. 7, n. 1, p. 67-79, 1997. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

LUHMANN, Niklas. **Sociedad y sistema:** la ambición de la teoría. Traducción de Santiago López Petit y Dorothee Schmitz. Barcelona: Paidós, 1990.

LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Tradução de Silvia Pappe, Brunhilde Erker e Luis Felipe Segura. México: Ed. Universidad Iberoamericana, 2006.

MANDIN, Corinne; LE BIHAN, Oliver; AGUERRE-CHARIOL, Olivier. Monitoring nanoaerosols end environmental exposure. In: HOUDY, Philippe; LAHMANNI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011. p. 201-210.

MARCHANT, Gary E; SYLVESTER, Douglas J. Transnational models for regulation of nanotechnology. **The Journal of Law, Medicine & Ethics**, Boston, v. 34, n. 4, p. 714-725, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

MARCIAL, Elaine C. (Org.). **Megatendências mundiais 2030**: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

MARTINS, Patrícia Santos. **O sistema de normas ISO e as nanotecnologias**: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito. 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

MAZZUOLI, Valério de Oliveira. **Curso de direito internacional público**. 5 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

MENDOZA, Carlos Felipe; CABRERA, Laura Meraz. Hacia la nanociencia verde nanomateriales, nanoproductos y nanorresiduos. **Materiales Avanzados**, México, año 10, n. 19, p. 39-42, agosto 2012. Disponível em: <<http://www.iim.unam.mx>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**. 8. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013.

MINISTÉRIO discute a regulamentação de produtos oriundos de nanotecnologia. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2016. Disponível em: <<http://lqes.igq.unicamp.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2. ed. rev. Ijuí: Ed. Ijuí, 2011.

MORAIS, José Luis Bolzan de. **As crises do estado e da constituição e a transformação espaço-temporal dos direitos humanos**. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011.

MORAIS, José Luis Bolzan de. As crises do estado. In: MORAIS, José Luis Bolzan de (Org.). **O estado e suas crises**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2005. p. 09-27.

MORIN, Edgar. **Cabeça bem-feita**. Tradução Eloá Jacobina. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MOURA, Paulo André Pereira. **Responsabilidade civil por danos ambientais na indústria do petróleo**. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.

MRAZ, Stephen J. Nanowaste: the next big threat?. **Machine Design**, Cleveland, v. 77, n. 22, p. 46-53, Nov. 17 2005. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MUSEE, N. Nanowastes and the environment: potential new waste management paradigm. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 112-128, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

NANO BODIES. **OECD Observer**, Paris, n. 306, q. 2, p. 9-10, Apr. 2016. Disponível em: <<https://issuu.com>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

NANOREG. A Common European Approach to the Regulatory Testing of Nanomaterials. **7 th Progress Report Executive Summary**. 11 22 version 1.0. [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://www.nanoreg.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

NANOTECHNOLOGY patents in EPO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017a. Disponível em: <<http://statnano.com/report/s102>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

NANOTECHNOLOGY patents in EPO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017b. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

NANOTECHNOLOGY patents in USPTO (patent): [tabela – período de 2012 a 2017]. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], 2017c. Disponível em: <<http://statnano.com/report/s103>> Acesso em 16 abr. 2017.

NANOTECHNOLOGY patents in USPTO. **Nanotechnology Products Database (NPD)**. [S.l.], Mar. 2017d. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). [S.l.], 2017e. Disponível em: <<http://statnano.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

NANOTECHNOLOGIA: análise do hálito para detectar câncer e outras 16 doenças. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**,

Campinas, 2017. Disponível em: <<http://www.lges.igq.unicamp.br>>. Acesso em: 18 jul. 2017. Nota do Scientific Editor – O trabalho que deu origem a esta notícia de título: "Diagnosis and Classification of 17 Diseases from 1404 Subjects via Pattern Analysis of Exhaled Molecules", de autoria de Hossam Haick et al., foi publicado, on line, no periódico ACS Nano. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2017.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Washington, 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **About NIOSH**. Atlanta, 2016a. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/about>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Building a safety program to protect the nanotechnology workforce**: a guide for small to medium-sized enterprises. By Hodson L, Hull M. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services. Washington: DHHS: NIOSH, Mar. 2016b. (DHHS NIOSH Publication, n. 2016-102). Disponível em: <<https://www.cdc.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Nanotechnology at the national institutes of health**. Maryland, [2007?]. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). **Who we are**. Maryland, 2017. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. Committee on Technology. Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology Committee on Technology. **The national nanotechnology initiative**: supplement to the President's 2017 Budget. Arlington: National Nanotechnology Coordination Office, Mar. 2016. Disponível em: <<http://www.nano.gov>>. Acesso em 29 jul. 2017.

NEL, André et al. Nanotechnology environmental, health, and safety issues. In: ROCO, Mihail C.; MIRKIN, Chad A.; HERSAM, Mark

C. **Nanotechnology research directions for societal needs in 2020:** retrospective and outlook. New York: Springer, 2011. p. 159-220.

NISHIMOTO, Hélio. **Projeto de lei nº 1456/2015.** Regulamenta e torna obrigatória a rotulagem de produtos de nanotecnologia e de produtos que dela fazem uso. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

NUNES, João Pimentel. **Pedidos de patente sobre nanotecnologia:** publicados no 1º semestre de 2010. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), 2010. (Alerta Tecnológico, n. 29). Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Better policies for better lives.** The OECD at 50 and beyond. Paris, 2011. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Compilation and comparison of guidelines related to exposure to nanomaterials in laboratories.** ENV/JM/MONO (2010) 47. Paris, Dec. 01 2010. (Series on the safety of manufactured nanomaterials, n. 28). Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanotechnology and tyres:** Greening Industry and Transport. Paris, July 18 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Nanomaterials in waste streams:** current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD science, technology and industry outlook 2012:** highlights. Paris, 2012a. Disponível em: <<https://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD. **Testing programme of manufactured nanomaterials.** Paris, 2017a. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**. Paris, 2009. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). OECD Home. **Members and partners**. Paris, 2017b. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Publications in the series on the safety of manufactured nano-materials**: [report: período de 2006 a 2017]. Paris, 2006-2017. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Six years of oecd work on the safety of manufactured nanomaterials**: achievements and future opportunities. Paris, 2012b. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)**. Paris, 2017c. Disponível em: <<http://www.oecd.org/about>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

OSHIRO, M. L. et al. Nanotechnologies and the risk management of biofuel production. In: RAI, Mahendra; SILVA, Silvio Silvério da (Ed.). **Nanotechnology for bioenergy and biofuel production**. 1st ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. p. 343-364.

OST, François. **O tempo do direito**. Tradução: Maria Fernanda Oliveira. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

OSTIGUY, Claude et al. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management. **Report R-599**: studies and research projects. Québec, 2009. Disponível em: <<https://www.irsst.qc.ca>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

PACKROFF, Rolf et al. **Nanomaterials and other advanced materials**: application safety and environmental compatibility: review of the joint research strategy of the higher federal authorities. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2016. Disponível em: <<https://www.baua.de>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

PARIOTTI, Elena. Law, uncertainty and emerging technologies: towards a constructive implementation of the precautionary principle in the case of nanotechnologies. **Persona y Derecho**, Pamplona, n. 62, p. 15-28, 2010. Disponível em: <<http://heinonline.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

PART, Florian et al. Current limitations and challenges in nanowaste detection, characterisation and monitoring. **Waste Management**, New York, n. 43, p. 407-420, Sept. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

PATI, Paramjeet; MCGINNIS, Sean; VIKESLAND, Peter J. Waste not want not: life cycle implications of gold recovery and recycling from nanowaste. **Environmental Science: nano**, London, v. 3, n. 5, p. 1133-1143, 2016. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

PELLUCHON, Corine. Ethics and medicine: philosophical guidelines for a responsible use of nanotechnology. In: HOUDY, Philippe; LAHMANI, Marcel; MARANO, Francelyne (Ed.). **Nanoethics and nanotoxicology**. Berlin: European Materials Research Society; New York: Springer, 2011. p. 427-436.

POMPEU, Carolina. Deputado e gerente da ABDI discordam sobre alerta de uso de nanotecnologia. **Câmara Notícias**, Brasília, DF, 5 dez. 2013. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

PORTO BORGES, Isabel Cristina; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

PRIBÁN, Jirí. A questão da soberania no pluralismo global. In: SCHWARTZ, Germano; PRIBÁN, Jirí; ROCHA, Leonel Severo. **Sociologia sistêmico-autopoiética das constituições**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015. p. 83-136.

PULZ, Ronei Leonardo. **O direito na era das nanotecnologias**: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cená-

rio de impactos e responsabilidades desconhecidos. 2015. 237 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015. Documento em PDF.

PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. A moralidade da nanotecnologia. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

QUAIS os riscos da nanotecnologia para o meio ambiente? **Inovação Tecnológica**, [S.l.], 22 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

RALIYA, Ramesh; BISWAS, Pratim. How nanotechnology can help us grow more food using less energy and water. **The Conversation**, Cambridge, May 25 2016 Disponível em: <<http://theconversation.com>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

RAUSCHER, Hubert; ROEBBEN, Gert (Ed.). **Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term “nanomaterial”**: part 1: compilation of information concerning the experience with the definition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, Mar. 2014. (JRC Scientific and Policy Report). Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Proposição**: PL 19 2014. Torna obrigatória e regulamenta a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

ROBERTS, Jenny R. **Nanotoxicology program**. NTRC Toxicology and Internal Dose Critical Area Coordinator Morgantown: Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2017. Documento em PDF.

ROCHA, Leonel Severo. A produção sistêmica do sentido do direito: da semiótica à autopoiese. In: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, Jose Luis Bolzan (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2008: n. 5. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2009. p. 165-186.

ROCHA, Leonel Severo. Observações sobre autopoiese, normativismo e pluralismo jurídico. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2007: n. 4. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2008. p. 167-182.

ROCHA, Leonel Severo. Sistema do direito e transdisciplinaridade: de Pontes de Miranda à Autopoiese. In: SANTOS, André Leonardo Copetti; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2006: n. 3. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2007. p. 181-193.

ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade jurídica e estado ambiental. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado: anuário 2006: n. 3. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2007. p. 129-145.

ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. **A verdade sobre a autopoiese do direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.

RODRIGUES, Ricardo Carvalho. **Pedidos de patente sobre nanomateriais – nº 4**: pedidos publicados no 2º semestre de 2012. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), set. 2013a. (Alerta tecnológico, n. 91). Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

RODRIGUES, Ricardo Carvalho. **Pedidos de patente sobre nanomateriais – nº 3**: pedidos publicados no 1º semestre de 2012. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), jan. 2013b. (Alerta tecnológico, n. 87). Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

ROSSI-BERGMAN, B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 2,

p. 54-57, 2008. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ROYAL SOCIETY; ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanosciences and nanotechnologies**: opportunities and uncertainties. Plymouth: Latimer Trend, July 2004. Disponível em: <<https://royalsociety.org>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

RUITENBERG, Rudy. Earthworm Health Hurt by nanoparticles in Soil in Alterra Study. **Bloomberg**, [S.l.], Jan. 29 2013. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

SALOMÃO, Helder. **VTS 2 CDEICS => PL 5133/2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

SANT'ANNA, Leonardo da Silva; ALENCAR, Maria Simone de Menezes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 348-353, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

SARGENT Jr., John F. **Nanotechnology**: a policy primer. Washington: Congressional Research Service, Setp. 15 2016. Disponível em: <<https://www.fas.org>>. Acesso em: 05 ago 2017.

SARNEY FILHO, José. **PL 5133/2013a**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

SARNEY FILHO, José. **PL 6741/2013b**. 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: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

SAVOLAINEN, Kai (Coord.). **Nanosafety in Europe 2015-2025**: towards safe and sustainable nanomaterials and nanotechnology innovations. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, 2013. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradutor Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS. How nanoparticles flow through the environment. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 12 maio 2016. Disponível em: <<http://www.laes.igam.unicamp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

SCOTT-FORDSMAND, J. J et al. The toxicity testing of double-walled nanotubes-contaminated food to Eisenia veneta earthworms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 616-619, Nov. 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SHAFFER, Gregory. **Transnational legal process and state change: opportunities and constraints**. Minnesota: Ed. University of Minnesota: Law School, 2010. (Legal studies research paper series. Research paper, n. 10-28). Disponível em: <<http://papers.ssrn.com>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

SHATKIN, Jo Anne; KIM, Baram. Cellulose nanomaterials: life cycle risk assessment, and environmental health and safety roadmap. **Environmental Science: nano**, London, n. 2, July 2015. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SHEARER, Cameron. A guide to the nanotechnology used in the average home. **The Conversation**, Cambridge, July 4 2016. Disponível em: <<http://theconversation.com>>. Acesso em: 07 mai 2018.

STIRLING, Andrew. Risk, precaution and science: towards a more constructive policy debate. **EMBO Reports**, Oxford, v. 8, n. 4, p. 309-315, Apr. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

STIRLING, Andrew. Risk, uncertainty and power. **Seminar Magazine**, New Delhi, n. 597, 2009. Disponível em: <<http://www.india-seminar.com>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

STONE, Vicki et al. **NanoSafetyCluster Research Regulatory Roadmap 2017**. Research priorities relevant to development or updating of nano-relevant regulations and guidelines. [S.l.]: European Nano-

Safety Cluster, Mar. 9 2017b. Disponível em: <<https://www.nanosafetycluster.eu>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. Cambridge: Ed. Cambridge University Press, 2005.

SUPPAN, Steve. Rationales for the food and agricultural applications of nanotechnology and exposure science required for its regulation. **TOMO**, São Cristóvão, n. 29, p. 185-206, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (SNSF). National Research Programme NRP 64. **Opportunities and risks of nanomaterials: results, outcome and perspectives – final brochure**. Wildhainweg, Mar. 2017. Disponível em: <<http://www.nrp64.ch>>. Acesso em: 08 mai 2018.

TALLACCHINI, Mariachiara. Principio de precaución y bioseguridad: aplicación a la salud humana. In: ROMEO CASABONA, Carlos María (Ed.). **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. p. 85-98.

TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, p. 9-31, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

TEUBNER, Gunther. **Constitutional fragments: societal constitutionalism and globalization**. Translated by Garthe Norbury. Oxford: Ed. Oxford University Press, 2012.

TEUBNER, Gunther. **Direito, sistema e policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 2005.

TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.

TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoietico**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Calouste, 1993.

THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY. **About us**. Madison, 2015. Disponível em: <<https://susnano.wisc.edu/about>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

TOO close for comfort. **Nature**, London, Sept. 15 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

TÜV SÜD DO BRASIL. **Nossa história**: da inspeção à prestação de serviços. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.tuv-sud.com.br>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia. **HORIZON 2020**: em breves palavras: o programa-quadro de investigação e inovação da EU. Bruxelas, 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE (USPTO). Alexandria, 2017. Disponível em: <<https://www.uspto.gov>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

UNITED STATES. National Nanotechnology Initiative. **About the NNI**. [S.l., 2017?]. Disponível em: <<https://www.nano.gov/about-nni>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

UNIVERSITY OF WATERLOO. Nanotechnology and math deliver two-in-one punch for cancer therapy resistance. **LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 23 jun. 2016. Disponível em: <<http://www.lqes.igm.unicamp.br>>. Acesso em: 05 ago. 2017. Texto postado no hiperlink Novidades em C&T&I e do LQES: 2016.

VIANA, Tião. **Projeto de lei do Senado nº 131, de 2010**. Altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

WAISSMANN, William. **Nanotecnologias e nanomateriais**: aspectos sobre toxicidade, riscos, governança e regulação. Brasília, DF, nov.

2012. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em 28 jul. 2017. Apresentação em PowerPoint postado no site da ABDI.

WARAT, Luis Alberto. **Surfando na pororoca**: o ofício do mediador. São Paulo: Boiteux, 2004. v. 3.

WARDAK, A. et al. Identification of Risks in the Life Cycle of NanotechnologyBased Products. **Journal of Industrial Ecology**, Medford, v. 12, n. 3, p. 435-448, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

WEYERMÜLLER, André Rafael. A fragmentação do projeto moderno e a necessidade de construção de um estado constitucional ecológico na sociedade de risco globalizada. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 8, n. 15, p. 63-96, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

WEYERMÜLLER, André Rafael. **Direito ambiental e aquecimento global**. São Paulo: Atlas, 2010.

WEYERMÜLLER, André Rafael. O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma. **Revista da AJURIS**, Porto Alegre, v. 41, n. 134, p. 29-56, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ajuris.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

WITTMANN, Cristian Ricardo. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (Org.). **Direitos humanos e novas tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. p. 79-106.

WITTMANN, Cristian Ricardo. **Programas de integridade (compliance programs) e o direito na sociedade global**: a concepção de um campo autônomo de regulação das nanotecnologias em usos militares. 2016. 275 f. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

APÊNDICE A – COLETA DE DADOS OECD

PALAVRAS ESCOLHIDAS PARA COLETA DE DADOS NOS 80 DOCUMENTOS DA OECD, série *Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials*:

Palavras-chave escolhidas
RISK MANAGEMENT
RISK
WASTE
NANOWASTE
REGULATION/REGULATORY
PRECAUTION/PRECAUTIONARY

DETALHAMENTO DA COLETA NOS 80 DOCUMENTOS:

DOC 1) REPORT OF THE OECD WORKSHOP ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: BUILDING CO-OPERATION, CO-ORDINATION AND COMMUNICATION, December

Não disponível a íntegra– comunicação de formação do grupo

DOC 2) DEVELOPMENTS/ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: TOUR DE TABLE – 1ST MEETING OF THE WORKING PARTY ON MANUFACTURED NANOMATERIALS, October 2006 (primeiro encontro) 29-Nov-2006

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	13
Precaution/precautionary	7 +3
waste	6
nanowaste	0
regulação	55
RISK	139

DOC 3) CURRENT DEVELOPMENTS/ ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS/ NANOTECHNOLOGIES -Tour de Table at the 2nd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials – Berlin, Germany, 25-27 April 2007

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	13

Precaution/precautionary	4
waste	6
nanowaste	0
regulação	78
RISK	182

DOC 4) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS NUMBER 4 -manufactured nanomaterials: work programme 2006-2008 – Publicação em 15-Feb-2008

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	21
waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	11
Precaution/precautionary	0

DOC 5) CURRENT DEVELOPMENTS/ ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS/ NANOTECHNOLOGIES- Tour de Table at the 3rd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials - Data Paris, France, 28-30 November 2007 – Publicação 03 abril 2008

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	11
RISK	179
waste	3
nanowaste	0
Regulation/regulatory	73+106
Precaution/precautionary	5

DOC 6) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials – No. 27 LIST OF MANUFACTURED NANOMATERIALS AND LIST OF ENDPOINTS FOR PHASE ONE OF THE SPONSORSHIP PROGRAMME FOR THE TESTING OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: REVISION – Publicação 01-Dec-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	8
waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	6
Precaution/precautionary	0

DOC 7) CURRENT DEVELOPMENTS/ ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS/ NANOTECHNOLOGIES – Tour de Table at the 4th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials – Data Paris, France, 11-13 June 2008 – Publicação 10 dez 2008

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	21
RISK	244
waste	8
nanowaste	0
Regulation/regulatory	62+107
Precaution/precautionary	7

DOC 8) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – Number 8- PRELIMINARY ANALYSIS OF EXPOSURE MEASUREMENT AND EXPOSURE MITIGATION IN OCCUPATIONAL SETTINGS: MANUFACTURED NANOMATERIALS – Publicação 17-Apr-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	3
RISK	33
waste	3
nanowaste	0
Regulation/regulatory	3+4
Precaution/precautionary	1

DOC 9) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS Number 9 EHS RESEARCH STRATEGIES ON MANUFACTURED NANOMATERIALS: COMPILATION OF OUTPUTS – Publicação 14 maio 2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	12
waste	3
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0- 3
Precaution/precautionary	0

DOC 10) SÉRIE SUR LA SÉCURITÉ DES NANOMATÉRIAUX MANUFACTURÉS
 Numéro 10 IDENTIFICATION, COMPILATION ET ANALYSE DE DOCUMENTS
 D'ORIENTATION POUR LA MESURE DE L'EXPOSITION ET LA LIMITATION DE
 L'EXPOSITION: LES NANOMATÉRIAUX MANUFACTURÉS – FRANCE – Publi-
 cação 23-Oct-2013 (Obs: procura das palavras em francês)

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management – gestion des risques	13
RISK – risque	84
Waste – DÉCHETS	2
nanowaste	-
Regulation (règlement)/regulatory (Réglementaire)	6 +4
Precaution (précaution)/precautionary (de précaution)	4

DOC 10. B) Versão inglês – SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS
 Number 10 IDENTIFICATION, COMPILATION AND ANALYSIS OF GUIDANCE INFORMATION FOR EXPOSURE MEASUREMENT AND EXPOSURE MITIGATION: MANUFACTURED NANOMATERIALS – Publicação 22-Jun-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	18
RISK	69
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1 +4
Precaution/precautionary	3

DOC 11) EMISSION ASSESSMENT FOR IDENTIFICATION OF SOURCES AND RELEASE OF AIRBORNE MANUFACTURED NANOMATERIALS IN THE WORKPLACE: Compilation of Existing Guidance – Publicação 18-Jun-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	02
RISK	10
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0 +3
Precaution/precautionary	0

DOC 12) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS
 Number 12 COMPARISON OF GUIDANCE ON SELECTION OF SKIN
 PROTECTIVE EQUIPMENT AND RESPIRATORS FOR USE IN THE WORKPLACE:
 MANUFACTURED NANOMATERIALS – Publicação 19-Jun-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	16
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+4
Precaution/precautionary	1

DOC 13) REPORT OF AN OECD WORKSHOP ON EXPOSURE ASSESSMENT
 AND EXPOSURE MITIGATION: Manufactured Nanomaterials – Publicação
 07-Jul-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	7
RISK	49
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	2+9
Precaution/precautionary	4

DOC 14) GUIDANCE MANUAL FOR THE TESTING OF MANUFACTURED
 NANOMATERIALS: OECD's SPONSORSHIP PROGRAMME; FIRST REVISION –
 Publicação 02-Jun-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	22
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+12
Precaution/precautionary	0

DOC 15) PRELIMINARY REVIEW OF OECD TEST GUIDELINES FOR THEIR
 APPLICABILITY TO MANUFACTURED NANOMATERIALS – Publicação 10-Jul-
 2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1

RISK	9
Waste	3
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0+5
Precaution/precautionary	0

DOC 16) MANUFACTURED NANOMATERIALS: WORK PROGRAMME 2009-2012 – Publicação 09-Jul-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	18
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+17
Precaution/precautionary	0

DOC 17) DEVELOPMENTS IN DELEGATIONS AND OTHER INTERNATIONAL ORGANISATIONS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – Tour de Table

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	12
RISK	202
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	42+91
Precaution/precautionary	12

DOC 18) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS
Number 18 MANUFACTURED NANOMATERIALS: ROADMAP FOR ACTIVITIES DURING 2009 AND 2010 – Publicação 09-Sep-2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	3
RISK	25
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0+22
Precaution/precautionary	0

DOC 19) SERIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS
 Number 19 – Analysis of Information Gathering Initiatives on Manufactured
 Nanomaterials – Publicação 24 NOV. 2009

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	17
RISK	40
Waste	3
nanowaste	
Regulation/regulatory	5+21
Precaution/precautionary	0

DOC 20) Developments/Activities on the Safety of Manufactured Nano-
 materials: Tour de Table – 6th Meeting of the Working Party on Manufactured
 Nanomaterials, Data October 2009 = Series of Safety of Manufactured
 Nanomaterials -No. 20- CURRENT DEVELOPEMENT/ACTIVITES ON THE
 SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE – Publi-
 cação 24 fev. 2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	14
RISK	197
Waste	2
nanowaste	
Regulation/regulatory	49+91
Precaution/precautionary	2

DOC 21) Report of the Workshop on Risk Assessment of Manufactured Nano-
 materials in a regulatory context, September 2009, Washington D.C.,
 USA = Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 21 REPORT
 OF THE WORKSHOP ON RISK ASSESSMENT OF MANUFACTURED
 NANOMATERIALS IN A REGULATORY CONTEXT – Publicação 16-Apr-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	17
RISK	229
Waste	1
nanowaste	
Regulation/regulatory	2+34
Precaution/precautionary	3

DOC 22) OECD Programme on the Safety of Manufactured Nanomaterials 2009-2012 Operational Plans of the Projects = Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 22 OECD PROGRAMME ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS 2009-2012: OPERATIONAL PLANS OF THE PROJECTS. Publicação 26 abr.2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	77
Waste	0
nanowaste	
Regulation/regulatory	0+33
Precaution/precautionary	0

DOC 23) Report of the Questionnaire on Regulatory Regimes for Manufactured Nanomaterials (2010) – REPORT OF THE QUESTIONNAIRE ON REGULATORY REGIMES FOR MANUFACTURED NANOMATERIALS

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	41
RISK	84
Waste	9
nanowaste	
Regulation/regulatory	60+29
Precaution/precautionary	0

DOC 24) PRELIMINARY GUIDANCE NOTES ON SAMPLE PREPARATION AND DOSIMETRY FOR THE SAFETY TESTING OF MANUFACTURED NANOMATERIALS = Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 36 – Publicação 18-Dec-2012

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	32
Waste	4
nanowaste	
Regulation/regulatory	0+11
Precaution/precautionary	4

DOC 25) GUIDANCE MANUAL FOR THE TESTING OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: OECD Sponsorship Programme: First Revision – 02-Jun-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	22
Waste	0
nanowaste	
Regulation/regulatory	1+12
Precaution/precautionary	0

DOC 26) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 26 CURRENT DEVELOPMENTS/ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – Tour de Table at the 7th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials – Publicação 22-Sep-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	20
RISK	197
Waste	4
nanowaste	
Regulation/regulatory	50+84
Precaution/precautionary	4

DOC 27) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 27 LIST OF MANUFACTURED NANOMATERIALS AND LIST OF ENDPOINTS FOR PHASE ONE OF THE SPONSORSHIP PROGRAMME FOR THE TESTING OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: REVISION – Publicação 01-Dec-2010

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	8
Waste	0
nanowaste	
Regulation/regulatory	0+6
Precaution/precautionary	0

DOC 28) COMPILATION AND COMPARISON OF GUIDELINES RELATED TO EXPOSURE TO NANOMATERIALS IN LABORATORIES = Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 28 – Publicação 01 DEZ 2010 – (DESTAQUE WASTE) relação maior waste + precaução!!

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	6
RISK	73
Waste	86
nanowaste	0
Regulation/regulatory	7+5
Precaution/precautionary	31

DOC 29) Developments/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials – Tour de Table – 8th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials – ENV/JM/MONO(2011)12 – CURRENT DEVELOPMENTS/ACTIVITIES ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS 16-17 March 2011, Paris, France No. 29 – Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials – Publicação 23-May-2011

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	17
RISK	158
Waste	5
nanowaste	0
Regulation/regulatory	54+89
Precaution/precautionary	2

DOC 30) REGULATED NANOMATERIALS: 2006-2009 Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 30 – Publicação 16-Dec-2011

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	20
RISK	61
Waste	9
nanowaste	0
Regulation/regulatory	89+23
Precaution/precautionary	0

DOC 31) INFORMATION GATHERING SCHEMES ON NANOMATERIALS: LESSONS LEARNED AND REPORTED INFORMATION Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 31 – Publicação 16-Dec-2011

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	47
RISK	62
Waste	3
nanowaste	0
Regulation/regulatory	6+22
Precaution/precautionary	0

DOC 32) NATIONAL ACTIVITIES ON LIFE CYCLE ASSESSMENT OF NANOMATERIALS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 32 – Publicação 16-Dec-2011

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	35
Waste	6
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+6
Precaution/precautionary	0

DOC 33) IMPORTANT ISSUES ON RISK ASSESSMENT OF MANUFACTURED NANOMATERIALS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 33 – Publicação 28-Mar-2012

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	31
RISK	373
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	14+16
Precaution/precautionary	6

DOC 34) CURRENT DEVELOPMENTS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 34 – Publicação 04-Sep-2012 nanowaste aparece → +precaução

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	20

RISK	146
Waste	9
nanowaste	3
Regulation/regulatory	54+85
Precaution/precautionary	9

DOC 35) INHALATION TOXICITY TESTING: EXPERT MEETING ON POTENTIAL REVISIONS TO OECD TEST GUIDELINES AND GUIDANCE DOCUMENT Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 35 – Publicação 19-Jun-2012

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	31
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0-7
Precaution/precautionary	0

DOC 36) GUIDANCE ON SAMPLE PREPARATION AND DOSIMETRY FOR THE SAFETY TESTING OF MANUFACTURED NANOMATERIALS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 36 – Publicação 18-Dec-2012

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	32
Waste	4
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0-11
Precaution/precautionary	4

DOC 37) CURRENT DEVELOPMENTS IN DELEGATIONS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 37 – Publicação 13-Feb-2013

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	11
RISK	117
Waste	6
nanowaste	1
Regulation/regulatory	44+83
Precaution/precautionary	5

DOC 38) CO-OPERATION ON RISK ASSESSMENT: PRIORITISATION OF IMPORTANT ISSUES ON RISK ASSESSMENT OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – FINAL REPORT Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 38 – Publicação 21-Aug-2013

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	28
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0-13
Precaution/precautionary	0

DOC 39) ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE USE OF MANUFACTURED NANOMATERIALS Workshop held on 14 September 2011 in Rome, Italy Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 39 – Publicação 06-Aug-2013

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	24
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	4+6
Precaution/precautionary	0

DOC 40) ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL FATE OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: TEST GUIDELINES Expert Meeting Report Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 40 – Publicação 05-Mar-2014

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	43
Waste	4
nanowaste	0
Regulation/regulatory	5+31
Precaution/precautionary	1

DOC 41) REPORT OF THE OECD EXPERT MEETING ON THE PHYSICAL CHEMICAL PROPERTIES OF MANUFACTURED NANOMATERIALS AND TEST GUIDELINES Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 41- Publicação 04-Jul-2014

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	23
Waste	
nanowaste	0
Regulation/regulatory	4+37
Precaution/precautionary	0

DOC 42) REPORT OF THE QUESTIONNAIRE ON REGULATORY REGIMES FOR MANUFACTURED NANOMATERIALS 2010-2011 Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 42 – Publicação 04-Sep-2014

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	25
RISK	110
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	74+115
Precaution/precautionary	2

DOC 43) GENOTOXICITY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS : REPORT OF THE OECD EXPERT MEETING Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 43 – Publicação 03-Dec-2014

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	16
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+17
Precaution/precautionary	0

DOC 44 a 54) Dossiers derived from the Testing Programme on Manufactured Nanomaterials available at: <<http://www.oecd.org>> = Não são documentos publicados – aplicação de testes.

AVISO DE RESPONSABILIDADE: os dossiês encontrados neste site são apenas para informação e não devem ser utilizados como referência, padrão ou validação quanto à segurança de nanomateriais específicos. Os dos-

siês contidos neste site foram escolhidos para mostrar a eficácia e precisão das diretrizes de teste padrão e não foram destinados à determinação de riscos associados ao uso ou aplicação de nanomateriais. Os dados contidos nesses dossiês são dados brutos e não foram avaliados pelos patrocinadores do programa ou pelo WPMN. As conclusões encontradas nesses dossiês são da responsabilidade dos pesquisadores que os criaram. Os dossiês contidos neste site são formatados no estilo International Uniform Chemical Information Database (IUCLID) para auxiliar na comparação com os requisitos de teste não-nanomateriais específicos. IUCLID é um programa de software para a administração de dados sobre substâncias químicas, originalmente desenvolvido para atender aos requisitos da União Européia (UE) para avaliação e controle dos riscos de substâncias químicas existentes. Fonte: OECD. Home. Chemical safety and biosafety Safety of manufactured nanomaterials. Testing Programme of Manufactured Nanomaterials – Dossiers and Endpoints. Disponível em: <<http://www.oecd.org>> Acesso em: 28 jul. 2017.

DOC 55) HARMONIZED TIERED APPROACH TO MEASURE AND ASSESS THE POTENTIAL EXPOSURE TO AIRBORNE EMISSIONS OF ENGINEERED NANO-OBJECTS AND THEIR AGGLOMERATES AND AGGREGATES AT WORKPLACES Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 55 – Publicação 17-Jun-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	19
RISK	42
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0+11
Precaution/precautionary	3

DOC 56) ANALYSIS OF THE SURVEY ON AVAILABLE METHODS AND MODELS FOR ASSESSING EXPOSURE TO MANUFACTURED NANOMATERIALS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 56 – Publicação 03-Jul-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	16
RISK	54
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+6
Precaution/precautionary	13

DOC 57) GUIDANCE MANUAL TOWARDS THE INTEGRATION OF RISK ASSESSMENT INTO LIFE CYCLE ASSESSMENT OF NANO-ENABLED APPLICATIONS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 57 – Publicação 07-Jul-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	13
RISK	225
Waste	13
nanowaste	0
Regulation/regulatory	17+20
Precaution/precautionary	6

DOC 58) PRELIMINARY GUIDANCE NOTES ON NANOMATERIALS: INTERSPECIES VARIABILITY FACTORS IN HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 58 – Publicação 24-Jul-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	29
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0+10
Precaution/precautionary	0

DOC 59) DEVELOPMENTS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS 2013 – Publicação 14-Sep-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	16
RISK	153
Waste	26
nanowaste	0
Regulation/regulatory	43+87
Precaution/precautionary	1

DOC 60) CURRENT DEVELOPMENTS IN DELEGATIONS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 60 – Publicação 26-Oct-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	14

RISK	143
Waste	22
nanowaste	2
Regulation/regulatory	50+94
Precaution/precautionary	4

DOC 61) DEVELOPMENTS IN DELEGATIONS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 61 – Publicação 26-Oct-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	11
RISK	129
Waste	20
nanowaste	1
Regulation/regulatory	19+60
Precaution/precautionary	3

DOC 62) CONSIDERATIONS FOR USING DISSOLUTION AS A FUNCTION OF SURFACE CHEMISTRY TO EVALUATE ENVIRONMENTAL BEHAVIOUR OF NANOMATERIALS IN RISK ASSESSMENTS A Preliminary Case Study Using Silver Nanoparticles – Publicação 18-Dec-2015

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	32
Waste	4
nanowaste	0
Regulation/regulatory	0+8
Precaution/precautionary	0

DOC 63) PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS: MEASUREMENTS AND METHODS RELEVANT FOR THE REGULATION OF NANOMATERIALS OECD Workshop Report Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 63 – Publicação 21-Jan-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	22
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	6+25
Precaution/precautionary	0

DOC 64) APPROACHES ON NANO GROUPING/ EQUIVALENCE/ READ-ACROSS CONCEPTS BASED ON PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES (GERA-PC) FOR REGULATORY REGIMES Results from the Survey Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No.64 – Publicação 22-Jan-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	4
RISK	98
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	30+268
Precaution/precautionary	1

DOC 65) PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF NANOMATERIALS: EVALUATION OF METHODS APPLIED IN THE OECD-WPMN TESTING PROGRAMME – Publicação 11-Feb-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	24
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	3+7
Precaution/precautionary	0

DOC 66) CATEGORISATION OF MANUFACTURED NANOMATERIALS WORKSHOP REPORT Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 66 -Publi- Publicação 17-Feb-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	38
RISK	187
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	19+88
Precaution/precautionary	14

DOC 67) DEVELOPMENTS IN DELEGATIONS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS – TOUR DE TABLE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 67 – Publicação 29-Mar-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	11

RISK	115
Waste	18
nanowaste	1
Regulation/regulatory	39+82
Precaution/precautionary	2

DOC 68) MULTIWALLED CARBON NANOTUBES (MWCNT): SUMMARY OF THE DOSSIER Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 68 – Publicação 30-May-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	11
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+5
Precaution/precautionary	0

DOC 69) FULLERENES (C60): SUMMARY OF THE DOSSIER Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 69 – Publicação 01-Jul-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	11
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+5
Precaution/precautionary	0

DOC 70) SINGLE WALLED CARBON NANOTUBES (SWCNTs): SUMMARY OF THE DOSSIER Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 70 – Publicação 07-Jul-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	8
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+5
Precaution/precautionary	0

DOC 71) SILICON DIOXIDE: SUMMARY OF THE DOSSIER Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 71 – Publicação 08-Jun-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	16
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+1
Precaution/precautionary	0

DOC 72) TOXICOKINETICS OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: REPORT FROM THE OECD EXPERT MEETING Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No.72 – Publicação 09-Sep-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	52
Waste	0
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+10
Precaution/precautionary	0

DOC 73) TITANIUM DIOXIDE: SUMMARY OF THE DOSSIER Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 73 16th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials 14-15 September 2016 OECD Conference Centre, Paris, France – Publicação 28-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	3
RISK	13
Waste	2
nanowaste	0
Regulation/regulatory	3+6
Precaution/precautionary	0

DOC 74) EXPOSURE ASSESSMENT OF NANO-SILVER (AgNP): CASE STUDY Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 74 – Publicação 29-Mar-2017

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	14

Waste	5
nanowaste	0
Regulation/regulatory	2+6
Precaution/precautionary	0

DOC 75) FUTURE CHALLENGES RELATED TO THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: REPORT FROM THE SPECIAL SESSION Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 75 – Publicação 04-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	2
RISK	26
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	4+24
Precaution/precautionary	0

DOC 76) GROUPING AND READ-ACROSS FOR THE HAZARD ASSESSMENT OF MANUFACTURED NANOMATERIALS REPORT FROM THE EXPERT MEETING Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 76 – Publicação 04-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	3
RISK	53
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	4+46
Precaution/precautionary	2

DOC 77) GOLD NANOPARTICLE OCCUPATIONAL EXPOSURE ASSESSMENT IN A PILOT SCALE FACILITY Nanomaterials Exposure Case Study Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 77 – Publicação 04-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	14
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+6
Precaution/precautionary	1

DOC 78) DEVELOPMENTS ON THE SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS TOUR DE TABLE FROM OECD DELEGATIONS (NOV. 2015-OCT 2016) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 78 - Publicação 04-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	17
RISK	138
Waste	27
nanowaste	1
Regulation/regulatory	30+73
Precaution/precautionary	2

DOC 79) STRATEGY FOR USING METAL IMPURITIES AS CARBON NANOTUBE TRACERS Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 79 - publicação 04-Nov-2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	1
RISK	17
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+6
Precaution/precautionary	1

DOC 80) ALTERNATIVE TESTING STRATEGIES IN RISK ASSESSMENT OF MANUFACTURED NANOMATERIALS: CURRENT STATE OF KNOWLEDGE AND RESEARCH NEEDS TO ADVANCE THEIR USE Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 80 – Publicação 30-Jan-2017

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk management	6
RISK	97
Waste	1
nanowaste	0
Regulation/regulatory	1+9
Precaution/precautionary	0

DADOS FINAIS OECD

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento	Período (ano)
Risk management	614	(2006-2017)
RISK	5.179	(2006-2017)

Waste	346	(2006-2017)
nanowaste	09	(2006-2017)
Regulation/regulatory	3.380	(2006-2017)
Precaution/precautionary	173	(2006-2017)

Gráfico – Frequência de palavras-chave – Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials

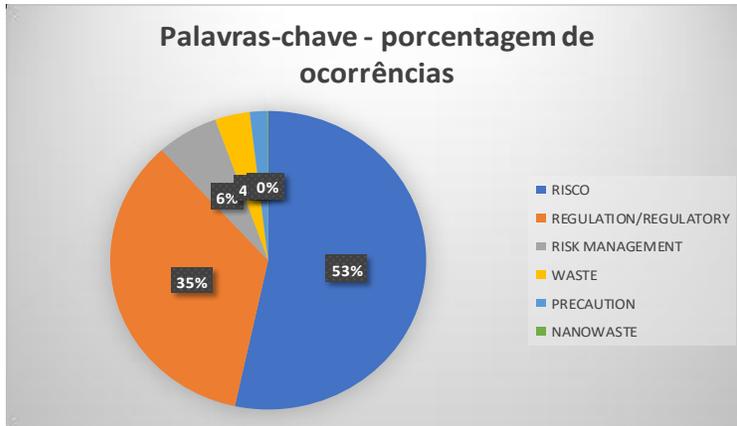
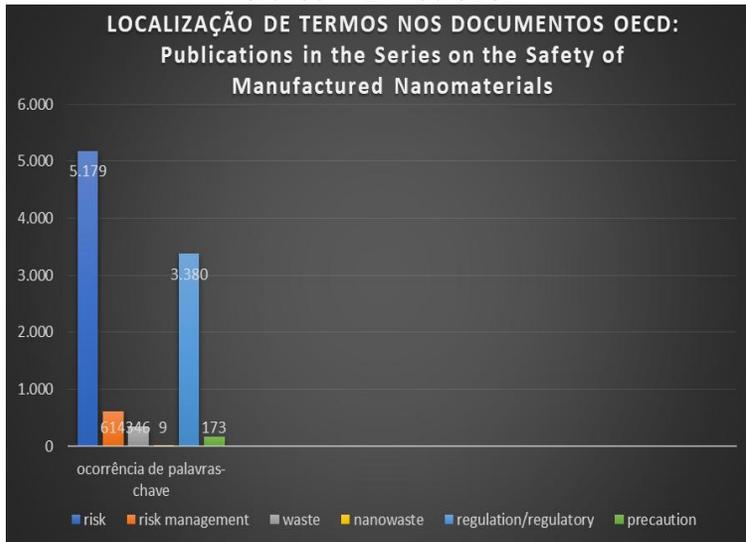


Gráfico – TERMOS OECD



COLETA DE DADOS LIVRO NANOMATERIALS IN WASTE STREAMS OECD 2016

Palavras-chave	Número de ocorrência no documento
Risk	123
Risk management	03
Hazard	68
Waste	830
Waste management	42
nanowaste	54
Environment	325
Human health	12
Regulation / regulatory framework	24
Precaution	9

Gráfico – Palavras-chave – “Nanomaterials in waste streams”

