

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO
MESTRADO EM DIREITO PÚBLICO**

RONEI LEONARDO PULZ

**O DIREITO NA ERA DAS NANOTECNOLOGIAS: UMA ABERTURA ÀS
POSSIBILIDADES AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS NO CENÁRIO DE
IMPACTOS E RESPONSABILIDADES DESCONHECIDOS**

SÃO LEOPOLDO

2015

Ronei Leonardo Pulz

O DIREITO NA ERA DAS NANOTECNOLOGIAS: UMA ABERTURA ÀS
POSSIBILIDADES AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS NO CENÁRIO DE
IMPACTOS E RESPONSABILIDADES DESCONHECIDOS

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Direito,
pelo Programa de Pós-Graduação em Direito
da Universidade do Vale do Rio dos Sinos –
UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Wilson Engelmann

São Leopoldo
2015

P983d Pulz, Ronei Leonardo
O direito na era das nanotecnologias: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos / Ronei Leonardo Pulz. – 2015.
264 f. : il. ; color. ; 30cm.
Dissertação (mestrado em Direito) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Direito, São Leopoldo, RS, 2015.
Orientador: Prof. Dr. Wilson Engelmann.

1. Direito. 2. Nanotecnologia. 3. Gestão - Risco - Resíduos nanotecnológicos. 4. Sociologia do risco. 5. Logística reversa I. Título. II. Engelmann, Wilson.

CDU 34:66-965

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO - PPGD
NÍVEL MESTRADO

A dissertação intitulada: "O DIREITO NA ERA DAS NANOTECNOLOGIAS: UMA ABERTURA ÀS POSSIBILIDADES AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS NO CENÁRIO DE IMPACTOS E RESPONSABILIDADES DESCONHECIDOS", elaborada pelo mestrando Ronel Leonardo Pulz, foi julgada adequada e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora para a obtenção do título de MESTRE EM DIREITO.

São Leopoldo, 09 de setembro de 2015.


Prof. Dr. Leonel Severo Rocha

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Direito.

Apresentada à Banca integrada pelos seguintes professores:

Presidente: Dr. Wilson Engemann



Membro: Dr. Reginaldo Pereira

Membro: Dr. André Rafael Weyermüller



Aos meus pais, por terem demonstrado o caminho das virtudes morais.
A minha amada mãe Jane Clara Schramm, por ser minha referência de coragem e
superação dos desafios da vida.
A minha amada esposa, por fazer parte de todas as minhas conquistas, por ter confiado
e resistido a todas as dificuldades e privações, por ter dividido minhas angústias e
compreendido minhas ausências.
A minha amada filha Isadora, minha luz, razão de viver, fonte de inspiração e
realização, motivo da minha eterna busca de lapidação. Amores da minha vida!

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de reflexão! Muitas vezes me questiono por que tanta privação do convívio com minha esposa, filha, familiares e amigos. Encontro uma resposta quando percebo que sou movido a desafios. O significado está na fidelidade aos princípios e objetivos e na busca constante da lapidação e polimento. O ser humano é assim, caminha sempre para frente em uma busca eterna por respostas. Seja uma busca pessoal ou profissional, o resultado final será a elevação, um salto a outro degrau de humanização, de amor, de verdade, de auto compreensão. Nessa trajetória, olhando para trás e para os lados, reconheço que muitas pessoas queridas sempre se fizeram presentes, participando de minhas metas e objetivos, compartilhando cada momento de realização. Esse carinho transforma, pois o que antes era considerado uma privação passa a ser aproximação, conjugação, afetividade. Jamais estamos sós! A todas, seja pelo palco da vida ou pelos bastidores, saibam que as considero como minhas balizas, minhas referências, meus exemplos, são pessoas queridas que guardo e carrego no coração, com respeito e gratidão.

Agradeço de todo o coração aos meus pais, por ter me proporcionado as mínimas condições para buscar ser humano, para reconhecer o caminho da virtude moral, do respeito, da coragem, da prudência, da fidelidade, da justiça, da compaixão, da generosidade, da humildade, da simplicidade, da boa-fé, do humor, da gratidão e do amor ao próximo. Sou o que sou porque jamais abandonei as suas palavras de instrução para sempre seguir o caminho da sabedoria.

Minha amada esposa Sabrina, nada que eu diga ou o quanto eu agradeça será o suficiente para retribuir todo o amor, carinho, crença, confiança, compreensão, paciência, companheirismo e dedicação incondicional à família que tivestes presente e forte em teu coração. Saibas que se cheguei ao final dessa etapa és o momento de compartilhar, pois sem você e nossa amada filha isso não seria possível, vocês duas são meu porto seguro, minha fonte de luz. Amo vocês.

Ao meu querido irmão e Dr. Renato Silvano Pulz, pelo exemplo de firmeza, determinação, humanidade e afeto inabalável, saibas que és minha referência. Obrigado pelas constantes lições, diálogos e troca de experiências acadêmicas e pessoais.

Aos meus queridos Emerson Leopoldo dos Santos Schlichting e Maria de Lourdes Schlichting pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha busca pessoal de aperfeiçoamento.

Ao meu mestre e orientador Wilson Engelmann, incentivador e responsável por eu ter iniciado, desenvolvido e concluído essa etapa de formação do conhecimento. Muito obrigado por ter contribuído na lapidação das arestas do meu saber, pela tolerância com meus obstáculos, dificuldades, limitações e inquietudes pessoais, pelos diálogos, provocações e questionamentos, por estar sempre presente nas minhas tentativas, erros e acertos nessa empreitada. Saiba que continuarás sendo o meu mestre, meu colega, meu amigo não só hoje, mas sempre, pois espero de coração que permaneças presente no meu contínuo aperfeiçoamento acadêmico, profissional e pessoal. O meu muito obrigado é pouco, minha gratidão eterna.

Não posso deixar de agradecer aos professores, colegas e amigos de longa data, Délton Winter de Carvalho e Taysa Schiocchet, dos quais tenho imensa admiração tanto pela brilhante caminhada acadêmica e profissional que construíram, quanto pelo significado de ser humano que carregam consigo. Seus exemplos foram essenciais para minha busca. Aos professores Leonel Severo Rocha e Lenio Streck pelos ensinamentos que me alçaram a romper com meus próprios paradigmas e a enxergar novos horizontes. Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Direito, Magdaline, Ronaldo, um especial agradecimento para e Vera, que me acompanha desde as pesquisas que realizava com nosso querido e eterno Prof. Dr. Pe. Bruno Hammes, quando então ainda aluno de graduação e bolsista, muito obrigado pela dedicação e assistência, és uma pessoa iluminada e muito especial.

Aos meus colegas e novos amigos pelos momentos de convívio e compartilhamento de experiências, ensinamentos, ideias, angústias, cansaços e conquistas: Aletéia H. Tahines, Alexandre Michaello Marques, Amanda Barbosa, Ana Wisniewski, Berta Schumann, Daniel Agostini, Denis Oliveira, Diego Henrique Schuster, Ellara Valentini, Elis Cristina Lauxen, Fabrício Lemos, Gilberto Guimarães Filho, Gleirice Machado Schütz, Jones Maciel, Lenara Giron da Silva, Liége, Marcelo Kindell, Paulo Junior Trindade dos Santos, Paulo Henrique Teston, Rafael Koche, Raquel von Hohendorff, Sérgio Harris e Vanessa de Oliveira Bernardi. Peço desculpas caso tenha esquecido alguém, na verdade a cada ano o grupo aumenta e todos são pessoas especiais, com o mesmo foco e propósito.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de alguma forma, direta ou indireta, para a consecução desse desafio. Não foi sozinho que mais uma etapa da minha formação acadêmica resta vencida. Meu muito obrigado.

“[...] a construção de um “novo mundo” exigirá múltiplos esforços para que a sua estrutura consiga demarcá-lo em pressupostos focados na preservação do meio ambiente e do ser humano”

Wilson Engelmann

RESUMO

A presente dissertação trata sobre o atual panorama acerca dos impactos e responsabilidades trazidas pelas nanotecnologias e a construção de possibilidades ambientalmente sustentáveis. No cenário global são tidas como protagonistas da próxima revolução tecnológica, portanto, justifica a importância da análise prévia de sustentabilidade frente ao impacto social e ambiental, positivo ou negativo, dos efeitos produzidos pela indústria e pelo consumo (des)informado dos produtos nanotecnológicos aplicados ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação. Considerando o cenário dualista – entre as vantagens e os riscos – das nanotecnologias e a falta de uma regulação específica, procura-se responder ao seguinte problema: em que medida o fenômeno das nanotecnologias prejudica ou não a construção da noção de um modelo (nano)ambiental sustentável e de responsabilidade? Objetiva-se, estudar os impactos e efeitos socioambientais desse fenômeno sob o viés dos princípios constitucionais da prevenção, precaução e informação que norteiam o desenvolvimento sustentável no Direito Ambiental e qual sua contribuição frente a ausência da (nano)regulação de segurança e (in)suficiência de dados de pesquisa sobre os efeitos toxicológicos, servindo como base de alerta para o debate multidisciplinar sobre os seus reflexos no meio ambiente e no desenvolvimento sustentável. A cerca disso, constata-se que, os princípios ambientais condicionam e possibilitam a construção de um paradigma sustentável e de responsabilidade (nano)ambiental, levando em consideração as condicionantes para aplicação da logística reversa no contexto da (nano)regulação. A título metodológico e de referencial teórico, será utilizada a perspectiva sistêmica, desencadeando uma ênfase na observação da Teoria do Risco a partir da obra *Sociología del riesgo* de Niklas Luhmann. Esta metodologia se justifica na premente necessidade de formação de uma coerência em toda a amplitude da regulação das nanotecnologias no Brasil. Diante da incipiente produção e informação bibliográfica sobre o tema no Brasil, a pesquisa dará ênfase às experiências do Direito nacional, utilizando-se da gestão dos riscos e da logística reversa para a formação de dados que indiquem a sua possível compatibilidade com a produção de respostas. A técnica de pesquisa será a bibliográfica e consistirá na análise documental realizada sobre várias fontes, tais como normas constitucionais, leis ordinárias, decretos legislativos, resoluções normativas, Diários Oficiais, Tribunais, órgãos estatais, revistas especializadas, periódicos, livros, doutrina, etc. A pesquisa bibliográfica será desenvolvida, ainda, pela consulta a diversas fontes interdisciplinares em matéria de nanotecnologias, destacando-se, especialmente, documentos tais como constatações científicas, normatizações

pertinentes, doutrina e decisões que digam respeito à matéria objeto deste projeto, dando especial ênfase a comparação crítica dos contextos europeu, norte-americano e brasileiro.

Palavras-chave: Direito. Nanotecnologias. Riscos. Gestão. Sociologia do Risco. Logística reversa.

ABSTRACT

This dissertation deals with the current situation on the impacts and responsibilities brought by nanotechnology, and the construction of environmentally friendly possibilities. On the global stage are seen as protagonists of the next technological revolution, therefore justifies the importance of prior analysis of sustainability across the social and environmental impact, positive or negative, of the effects produced by industry and the consumer (un)informed of nanotechnology products applied to sector of electronics or information. Considering the dualistic scenario - between the benefits and risks - of nanotechnology and the lack of a specific regulation, looking to answer the following question: to what extent the phenomenon of nanotechnologies affect or not the construction of the notion of a model sustainable (nano)environmental and responsibility? The purpose is to study the impacts and environmental effects of this phenomenon under the bias of the constitutional principles of prevention, precaution and information that guide sustainable development in Environmental Law and what their contribution compared to the absence of safety (nano)regulation and (in)sufficiency of research data on toxicological effects, serving as a warning basis for multidisciplinary debate about its effects on the environment and sustainable development. About this, it appears that the environmental principles condition and enable the construction of a sustainable paradigm and responsibility (nano)environment, taking into account the conditions for application of reverse logistics in the context of (nano)regulation. The methodological basis and theoretical, systemic perspective will be used, triggering an emphasis on observation of Risk Theory from the work Sociology del riesgo Niklas Luhmann. This methodology is justified in pressing need of forming a consistency across the range of regulation of nanotechnology in Brazil. Faced with the incipient production and bibliographic information on the topic in Brazil, the research will emphasize the experiences of national law, using risk management and reverse logistics for the formation of data indicating its possible compatibility with the production of answers. The research technique will consist of the bibliographic and documentary analysis on various sources, such as constitutional provisions, ordinary laws, legislative decrees, normative resolutions, Official Gazettes, courts, state agencies, journals, periodicals, books, teaching, etc. The literature will be developed also by consulting with various interdisciplinary sources in the field of nanotechnologies, highlighting especially documents such as scientific findings, pertinent standards, doctrine and decisions relating to the subject matter of this project, with special emphasis critical comparison of European contexts, the US and Brazil.

Key words: Law. Nanotechnologies. Risk. Management. Risk sociology. Reverse logistic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Base de dados sobre gestão de riscos ambiental, Saúde e Segurança (2000-2015)	63
Figura 2 - Inserção das nanotecnologias na cadeia produtiva	174
Figura 3 - Ciclo de vida de um produto.....	179
Figura 4 - Ciclo de vida dos nanomateriais	181
Figura 5 - Fluxo de materiais no processo geral da logística reversa.....	198
Figura 6 - Análise dos Riscos	206
Figura 7 - Framework (quadro de decisões) para ações de gestão de riscos	212

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Marcos históricos da nanotecnologia	70
Quadro 2 - Aplicação de produtos e processos de micro e nano manufatura.....	72
Quadro 3 - Diferenças entre a toxicologia clássica e a Ecotoxicologia.....	124
Quadro 4 - Problemas da geração de resíduos manejados de forma inadequada	169
Quadro 5 - Responsabilidades das partes na logística reversa (Art. 33 PNRS)	175
Quadro 6 - Estrutura e organização do Sistema de Logística Reversa (SLR).....	178

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ACP	Ação Civil Pública
ANPEI	Associação Nacional De Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CCN	Comitê Consultivo de Nanotecnologias
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CEIN	Centros para as Implicações Ambientais da Nanotecnologia
CMADS	Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNBS	Conselho Nacional de Biossegurança
CNI	Comitê Interministerial de Nanotecnologia
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CTNs	Nanotubos de Carbono
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTNano	Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EHS	Environmental, health and safety
EMBRAPA	Empresa de Pesquisa Agropecuária
ENMs	Materiais Nanoengenheirados
EPA	Agência de Proteção Ambiental Norte Americana
FDA	Food and Drug Administration
FDNano	Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia
FIOCRUZ	Fundação Osvaldo Cruz
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBN	Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
ICON	Conselho Internacional em Nanotecnologia
IHU	Instituto Humanitas Unisinos
ISO TC	International Organization for Standardization – Technical Committee
LNNano	Laboratório Nacional de Nanotecnologia
LQES	Laboratório de Química do Estado Sólido
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MMA	Ministério do Meio Ambiente
NFS	National Science Foundation
NEHI	Rede de Excelência em Inovação em Saúde
NIOSH	Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional
NANoREG	Uma abordagem europeia comum para o teste regulador de nanomateriais fabricados
Nm	Nanômetro
NNI	Iniciativa Nacional de Nanotecnologia
OECD	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Administração de Segurança e Saúde Ocupacional
PEN	Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes
PL	Projeto de Lei
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
REACH	Regulamento de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas
RECHTD	Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito
SAICM	Abordagem Estratégica para a Gestão Internacional de Produtos Químicos
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SCCS	Comitê Científico da Segurança dos Consumidores
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SisNANO	Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias
SLR	Sistema de Logística Reversa
UFPR	Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (NANO)TECNOLÓGICO SUSTENTÁVEL.....	22
2.1 Desenvolvimento Tecnológico.....	26
2.1.1 Preceitos da Ordem Econômica.....	38
2.1.2 Desenvolvimento Sustentável.....	40
2.1.3 A Tutela Ambiental no Cenário Nacional: Um Modelo para Lidar com as Nanotecnologias?	48
3 NANOTECNOLOGIAS E RESÍDUOS: RESULTADOS DA SOCIEDADE TECNOCIENTÍFICA	55
3.1 O Risco (Nano)Tecnológico Invisível.....	75
3.1.1 Princípio da Prevenção	88
3.1.2 Princípio da Precaução	96
3.1.3 Princípio da Informação	102
3.2 Resíduos Nanotecnológicos	112
3.2.1 (Nano)Toxicologia.....	119
3.3 Uma Sociedade Tecnocientífica: a (im)possível compatibilização entre direitos, inovação e tecnologia	129
4 A GESTÃO DOS RISCOS GERADOS EM ESCALA NANOMÉTRICA A PARTIR DO MODELO DA LOGÍSTICA REVERSA	141
4.1 Panorama Regulatório das Nanotecnologias no Cenário Nacional	154
4.2 Práticas de Gestão: possibilidades na produção de respostas jurídicas.....	164
4.2.1 Logística Reversa: instrumento de gerenciamento e mitigação do (nano)risco a partir da responsabilidade compartilhada.	172
4.2.2 A Gestão dos Riscos e o Monitoramento dos Produtos Nanotecnológicos: uma abertura para o diálogo das fontes do conhecimento à luz dos princípios ambientais.	185
5 CONCLUSÃO.....	224
REFERÊNCIAS	239

1 INTRODUÇÃO

No limiar do século XXI vivencia-se e enfrenta-se novos e constantes desafios provenientes do avanço das ciências e da tecnologia, agregada aos interesses e desenvolvimento econômico. Um mundo novo permeado de despreparo do ordenamento jurídico para harmonizar os impasses criados por tantas situações novas, tal fato requer uma reflexão sobre os impactos da falta de regulação e investimentos em pesquisa sobre os efeitos no ser humano e no meio ambiente, oriundos do perigo e risco da exposição, manuseio e descarte de produtos (nano)tecnológicos.

O Brasil e o mundo transitam pelo cenário emergente dos riscos invisíveis, potencializados pela alteração constante dos padrões de produção, de consumo e de responsabilidade pós-consumo decorrente da crescente introdução de novas tecnologias na sociedade de consumo, em especial da criação de nanomateriais. Recursos e parcerias internacionais estão sendo firmados para compartilhamento de estudos e aplicações de nanotecnologia em novos produtos manufaturados.

Desse novo estágio científico e tecnológico emerge novas demandas indispensáveis ao desenvolvimento sustentável, tais como: medidas regulatórias, monitoramento e gestão dos riscos, comunicação e amplo acesso à informação, identificação, seleção e catalogação sobre novas aplicações e produtos manufaturados desenvolvidos à base de nanotecnologia, bem como sobre os potenciais efeitos – positivos ou negativos - da produção, distribuição, consumo e descarte de resíduos dessa nova tecnologia no meio ambiente. Diante as incertezas científicas e da ausência de legislação específica, urge a necessidade do enfrentamento do tema a partir de uma visão geral e harmonizada, calcada nos princípios ambientais a fim de atender com maior abrangência o bem-estar do ser humano e do meio ambiente.

As práticas de gerenciamento estratégicos das organizações atuais são orientadas com o objetivo e o foco na sustentabilidade, expressa-se o desejo e o propósito de incorporarem considerações socioambientais em seus processos decisórios e a responsabilizar-se pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente. Esse tipo de comprometimento requer um comportamento ético e transparente que esteja em conformidade com as leis aplicáveis e seja consistente com as normas internacionais.

No contexto dos aparatos tecnológicos, informações globalizadas e avanços nunca antes imaginados já se pode encontrar aplicação da nanotecnologia em produtos disponibilizados ao consumo, muito embora pouco difundido e regulado pelo ordenamento jurídico, o que impõe uma visão global, considerando-se as partes e suas inter-relações com o

meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Foca-se no dever da prevenção, precaução e informação como guia eficaz no cumprimento da garantia fundamental da dignidade da pessoa humana, promovendo uma sociedade de autoconhecimento.

A degradação humana e ambiental são características típicas da insaciabilidade, do deleite e do gozo imediato, que prefere primeiro crescer e, só no futuro distante, mitigar ou compensar os efeitos danosos de produtos oriundos de novas tecnologias aplicadas e utilizadas, com pouca ou nenhuma pesquisa prévia, sem grandes preocupações com as consequências ambientais. Nessa linha, deixar de refletir sobre o que será legado para as futuras gerações, seja no âmbito social, econômico ou de segurança pode ser fatal para a construção de um futuro sustentável. Por outro lado, a conscientização ambiental emerge da valorização do ser humano em dignidade e cidadania, a partir do qual os atores sociais e garantidores do futuro das novas gerações passam a ser guiados pela prevenção, precaução e informação, a primar pela responsabilidade e assegurar um mínimo de certezas ainda que diante das incertezas, zelando pela correta aplicação do ordenamento jurídico e divulgação das normas de direito ambiental para o correto processamento e respeito pela sociedade.

Essa dissertação visa apresentar uma visão holística, debruçada sobre os possíveis impactos e responsabilidades trazidas pelas nanotecnologias, bem como a construção de possibilidades ambientalmente sustentáveis para promover, de forma integrada com todos os atores envolvidos - especialmente com as organizações produtivas -, o desenvolvimento das nanotecnologias. O mundo está em constante evolução, a ciência avança muitas vezes mais rápido que a própria compreensão, portanto, necessário um olhar debruçado sobre as questões que intrigam e envolvem quase que imperceptivelmente a humanidade, sob pena de se atrofiar o exercício de direitos, como por exemplo, deixar de projetar ou identificar os possíveis efeitos cumulativos, seja positivo ou negativo, por desconhecimento, desinformação, imprecisão ou insuficiência de estudos sobre as consequências do uso, exposição e descarte de resíduos de nanotecnologias, já que o resultado da inércia de participação dos processos decisórios pode implicar na potencialização dos riscos à saúde humana e ambiental.

Nessa quadra da história, revela-se a importância da análise prévia de sustentabilidade frente ao impacto socioambiental, positivo ou negativo, dos efeitos produzidos pela indústria e pelo consumo (des)informado dos produtos do ramo das nanotecnologias aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação. Para desafiar esse cenário, a dissertação pretende responder ao seguinte problema: considerando o cenário dualista – entre as vantagens e os riscos – das nanotecnologias e a falta de uma regulamentação específica, em que medida o fenômeno das nanotecnologias, aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação

prejudica ou não a construção da noção de um modelo nanoambiental sustentável e de responsabilidade? Dessa forma, as hipóteses são delineadas da seguinte maneira: os princípios ambientais condicionam e possibilitam a construção de um paradigma sustentável e de responsabilidade nanoambiental, levando em consideração as condicionantes para aplicação da logística reversa no contexto da nanorregulação.

Neste contexto a responsabilidade é fundamental, os riscos da (in)sustentabilidade em geral das atividades rotineiras e não rotineiras precisam estar mapeados e seus controles definidos, implementados e mantidos, um cuidado especial deve ser dedicado aos riscos emergentes da aplicação e uso de novos produtos oriundos das nanotecnologias em face das informações insuficientemente claras sobre a potencialidade de riscos e impactos socioambientais, sejam eles positivos ou negativos. Daí resulta a importância da gestão dos riscos e do monitoramento de todas as etapas do ciclo de vida de um produto (nano)manufaturado por meio da logística reversa, disposta na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/10 e à luz dos princípios ambientais.

O direito à sustentabilidade ambiental abrange: responsabilidade, transparência, comportamento ético, consideração pelas partes interessadas, legalidade, normas internacionais e direitos humanos. De fato, relevante nessa contextualização, comunicação e consulta pública, identificação, análise, avaliação, documentação, tratamento, controle e monitoramento de riscos, o que reforça a importância da análise da sustentabilidade dos efeitos das novas tecnologias no meio ambiente, em especial das nanotecnologias. Na dissertação estão relacionados diversos temas, como: princípios, sociedade de risco, gestão de risco, riscos específicos das nanotecnologias e logística reversa. Esses temas serão estudados ao longo da dissertação, para se ter um panorama mais delimitado das implicações trazidas pelas nanotecnologias, culminando com a utilização do modelo da logística reversa como um mecanismo para iniciar o tratamento jurídico dos resíduos da escala nano. Considerando que a legislação atual sobre a logística reversa não contempla esses resíduos, a dissertação pretende mostrar que esse novo ingrediente da sociedade de risco deverá ser enfrentado por meio da gestão dos riscos permeados pelos princípios a serem examinados.

Para tanto, considerado a amplitude e caráter dinâmico das nanotecnologias, o tema será delimitado a partir dos seguintes parâmetros: maior destaque aos princípios da prevenção, precaução e informação dentre o rol de princípios do Direito Ambiental, dado a sua importância como guia no contexto evolutivo tecnológico para a construção de uma consciência crítica e antecipada de responsabilidade para enfrentar as incertezas, e o estudo do modelo da logística reversa aplicado na gestão dos riscos das nanotecnologias. Assim, o

objetivo principal desta dissertação é estudar os impactos, efeitos sociais e ambientais do fenômeno das nanotecnologias aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação e a sua relação com o desenvolvimento sustentável, sendo que para responder ao problema proposto a dissertação se dividirá em três capítulos.

O primeiro capítulo da dissertação procura descrever o meio ambiente a partir dos conceitos desenhados pela doutrina e legislação, nacional e internacional, percorrendo obras de renomados autores especialistas na temática ambiental. Nesse contexto, a (nano)tecnologia remete a necessidade da expansão de conhecimentos sobre a relação intrínseca do desenvolvimento econômico com os preceitos da ordem econômica para uma correta compreensão dos aspectos que compõem a sustentabilidade ambiental e a tutela do meio ambiente.

O segundo capítulo procura criar um campo de observação da realidade complexa das nanotecnologias, foca-se na observação de segunda ordem para construção da realidade das nanotecnologias por meio de uma abordagem ampla. Traça-se uma linha condutora que inicia pelo processo de globalização, fenômeno marcado pela superação de fronteiras, espaço e tempo. Por conseguinte, a análise da produção dos riscos tecnológicos invisíveis, suas previsões, probabilidades, efeitos ao longo do tempo e do espaço, perpassando os princípios da prevenção, precaução e informação como guias necessários para a proteção da saúde humana e ambiental. Analisa-se também as questões atuais sobre o debate acerca da produção dos resíduos nanotecnológicos e dos impactos face a ausência de métodos padronizados para avaliação e gestão dos riscos de toxicidade dos nanomateriais, conectando-se com a preocupação da má utilização da tecnologia com o aprofundamento da manipulação da técnica.

O terceiro capítulo, trata da gestão dos riscos gerados em escala nanométrica a partir do modelo da logística reversa, conduz-se até as boas práticas de gestão estratégicas das organizações para gerenciamento dos riscos, ponto no qual busca contribuir a dissertação. Parte-se de uma análise do panorama regulatório no cenário nacional a partir da leitura sobre os principais aspectos, positivos e negativos, bem como das lacunas que restam ser preenchidas nos Projetos de Lei em tramites na Câmara dos Deputados e no Senado Federal. No tocante a audiências públicas sobre o tema, também refere os principais posicionamentos expostos pelos representantes das partes interessadas: trabalhadores, consumidores, órgãos e agências reguladoras, sindicatos, universidades e empresas envolvidas com as nanotecnologias. A partir desse contexto, voltado a abrir espaço para novos centros policontexturais produtores de sentidos, centra-se na complexidade para observar as

possibilidades na produção de respostas jurídicas dentro do sistema do Direito a partir da circularidade, indeterminação e imprevisibilidade. Perpassa, assim, pela abordagem e compreensão de conceitos, peculiaridades e finalidades das práticas de Gestão das organizações, particularmente da logística reversa - instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - como ferramenta para monitorar e avaliar todas as etapas do ciclo de vida dos produtos (matéria-prima/insumos, fabricação, distribuição, consumo e pós-consumo), criando condições de abertura do diálogo entre todas as áreas do conhecimento e permitindo uma melhor observação, compreensão e alcance das práticas sustentáveis e da efetividade na gestão dos riscos no cenário das nanotecnologias.

Por meio de mecanismos paralelos a atuação do Estado, procura-se provocar irritações no interior do sistema jurídico que fomente a (re)estruturação segundo uma lógica que não se restrinja tão somente na organização estatal e Constitucional, mas que permita o emprego de outras influências (culturas, estruturas, diversidades sociais) para auto reproduzir o Direito a partir de critérios mais amplos e abertos, ladeado pela responsabilização compartilhada na exploração da nanomanufatura, criando assim novas possibilidades para produção de sentido e espaços de regulação com maior eficácia e efetividade na gestão dos riscos.

O referencial teórico da dissertação se sustenta na Teoria do Risco de Niklas Luhmann, ciente de que existem outras abordagens sobre o risco, privilegiando-se a análise do risco e da complexidade para a construção da realidade social e nanotecnológica, reconhecendo-se a fragmentação das possibilidades sociais o Direito observa as diferenças com o exterior, numa clausura operacional fechada, mas cognitivamente aberta passa a ser estimulado pelas contingências da sociedade complexa, onde existe múltiplas certezas sociais com as quais o direito deve conviver, permite-se que haja uma transformação nas suas próprias estruturas de modo contínuo, abrindo-se para novas possibilidades, ajustando-se a novas realidade e contextos jurídicos diversos, alcançados por correções ou novas decisões, o que por si só gera novas complexidades e contingências, como é o caso dos potenciais riscos produzidos pelas (nano)tecnologias, que exige uma seleção de seus riscos (certezas) e com isso cria novas incertezas e novas escolhas, num ciclo contínuo de complexidade, seleção e contingência.

O método de abordagem da dissertação está perspectivado a partir de alguns traços e categorias do método sistêmico-construtivista, considerado que a evolução do sistema do Direito é um movimento circular que se desenvolve e se processa segundo a relação de dependência comunicativa das diferenças entre ampliação da complexidade social, seleção de certezas e incertezas e contingência. Sob esse enfoque é possível delinear uma observação de

segunda ordem das diferenças existentes entre os subsistemas (social, político, econômico), irritações que ecoam no sistema jurídico, para que na sua operação interna enclausurada e operativamente aberta, cumpra seu papel evolutivo de (re)estabelecer a segurança e estabilidade, reduzindo a complexidade dos riscos oriundos das nanotecnologias. Nesta linha, Artur Stamford da Silva, trabalhando este aspecto da proposta de Luhmann, assenta: “[...] afastar-se da causalidade e aproximar-se da circularidade construtivista viabiliza uma explicação reflexiva da decisão jurídica, ou seja, uma teoria não normativista da decisão jurídica. A teoria reflexiva contém a teoria do conhecimento de corte construtivista, como é a teoria dos sistemas que observam, na qual a busca pela origem (racionalismo ou empirismo) e/ou possibilidade (dogmatismo, ceticismo e niilismo) do conhecimento (que resultam em causalidades) são afastadas”¹. A Teoria Sistêmica poderá colaborar para a observação do viés operativo-construtivista, especialmente no tocante à autorreferencialidade; “especificamente, uma capacidade de reproduzir-se autopoieticamente – ou seja, reproduzir-se a si mesmo a partir de seus próprios produtos (*poiesis* = produção)”². Este método consegue perceber variados modos de produção do arcabouço regulatório em relação às nanotecnologias, sem a necessidade de mobilizar o Poder Legislativo. 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.

Os métodos de procedimento adotados para consecução dessa pesquisa será o método funcionalista³, método histórico e estudo de caso, utilizando-se como técnica de pesquisa a revisão da doutrina, legislação, jurisprudencial, documentos nacionais e internacionais que abordam o nanoambiente e suas iniciativas regulatórias, por meio da análise do conteúdo.

¹ SILVA, Artur Stamford de. Teoria reflexiva da decisão jurídica: observações a partir da teoria dos sistemas que observam. In: SCHWARTZ, Germano (Org.). *Juridicização das esferas sociais e fragmentação do direito na sociedade contemporânea*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012. p. 37-38.

² Díez, Carlos Gómez-Jara. *A Responsabilidade penal da pessoa jurídica e o dano ambiental: a aplicação do modelo construtivista de autorresponsabilidade à lei 9.605/98*. Tradução de Cristina Reindolff da Motta. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 23-24.

³ Esta investigação se utilizará a análise funcional, proposta por Niklas Luhmann, considerando que ela “[...] utiliza o processo de relacionar com o fim de compreender o existente como contingente, e o distinto como comparável [...]”. Vale dizer, “a relação entre problema e solução do problema não é aqui considerada como um fim em si mesmo; mas serve como fio condutor da pergunta por outras possibilidades, como fio condutor na busca de equivalências funcionais”. LUHMANN, Niklas. *Sociedad y sistema: la ambición de la teoría*. Tradução de Santiago López Petit y Dorothee Schmitz. Barcelona: Paidós, 1990. p. 131-132. É na perspectiva sistêmico-funcionalista que se pretende estabelecer este elo de ligação entre o problema e uma solução a ser construída pelo viés construtivista, notadamente pela observação dos marcos normativos capazes de dar conta dos desafios trazidos pelas nanotecnologias. Esse método é propício para o desenvolvimento transdisciplinar da pesquisa, pois a transdisciplinaridade “se interessa pela dinâmica gerada pela ação de vários níveis de Realidade ao mesmo tempo”. NICOLESCU, Basarab. *Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade*. In: NICOLESCU, Basarab *et al.* *Educação e transdisciplinaridade*. Tradução de Judite Vero, Maria F. de Mello e Américo Sommerman. Brasília, DF: UNESCO, 2000. p. 16.

Diante disso, aborda-se conceitos, termos e definições referentes aos riscos, historicidade, tendências e características, princípios e práticas, temas centrais, integração, implementação e promoção de comportamento socialmente responsável em toda a organização por meio de suas políticas e práticas na sua esfera de influência, identificação e engajamento de partes interessadas, comunicação de compromissos, desempenho e outras informações todas voltadas ao gerenciamento e a responsabilidade compartilhada dos riscos.

Tal finalidade se justifica já que a pesquisa busca tratar do direito à sustentabilidade socioambiental na era das novas tecnologias, sendo que o instrumento de gestão de riscos ambientais é uma importante ferramenta de gerenciamento estratégico para as empresas do ramo da nanotecnologia, pois estimula a prevenção, precaução e informação, remediando situações de riscos por meio da visão sistêmica e integradora da logística reversa (monitoramento do ciclo de vida da cadeia produtiva), que as irritações sociais produzam ruídos de comunicação para que o sistema do direito, na sua clausura operacional, observe as transformações complexas no sistema social e a partir do processo de diferenciação funcional, contingenciado pelas demandas e efeitos no meio ambiente, faça escolhas e tome decisões passíveis de correção e ou evolução, estabelecendo-se novos raciocínios e padrões de conduta que desafiam o formalismo cego e exagerado da dogmática jurídica a se resignificar a cada nova contingência, regulando as transformações de uma sociedade democrática a partir de uma abertura normativa focada na produção de respostas socioambientais sustentáveis.

A dissertação encontra-se inserida nas temáticas da Linha de Pesquisa 2 “Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização”, do Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado – da UNISINOS, além de estar em sintonia com o projeto de pesquisa "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" (Universal 2014 CNPq), desenvolvido pelo orientador, Prof. Wilson Engelmann, com o viés na relação do Direito com as Nanotecnologias.

2 MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (NANO)TECNOLÓGICO SUSTENTÁVEL

O meio ambiente é a “nossa casa comum, que amamos e procuramos desvendar”⁴. É nele que se nasce, cresce e se desenvolve, onde se constrói uma morada individual e coletiva.

O conceito legal de meio ambiente, por seu turno, define o meio ambiente como sendo aquele “bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”⁵ e sua proteção “manifesta-se, na dogmática jurídica contemporânea, como um direito fundamental de terceira geração, uma vez que se trata de um corolário do próprio direito a vida”⁶. Dessa forma, impõem-se tanto do Poder Público como da coletividade o dever de sua proteção e preservação para as presentes e futuras gerações.

Nota-se, portanto, que a Constituição Federal não define meio ambiente, limitando-se a afirmar que se trata de um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, ou seja, imprime um conceito de meio ambiente amplo e de status de garantia fundamental, traz no seu bojo o objeto de tutela ambiental mediato como sendo a noção de saúde, de bem estar, de segurança, ao mesmo tempo, o objeto imediato, em que propõe uma convivência harmônica entre o homem e natureza de forma sustentável⁷.

A jurisprudência do Egrégio Superior Tribunal Federal, sensível a realidade contemporânea - sociedade produtora de riscos -, salienta que se trata de um típico direito de terceira geração, transindividual, que assiste a todo o gênero humano, incumbindo direitos e deveres ao Estado e a coletividade na proteção do bem ambiental de uso comum e essencial a sadia qualidade de vida (art. 225, Constituição Federal) com o objetivo de evitar conflitos entre gerações intergeracionais (passadas, presentes e futuras)⁸.

Diante disso, “a determinação dos parâmetros de uma sadia qualidade de vida dependerá de paradigmas sócio-culturais, do avanço do conhecimento científico-

⁴ MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 55.

⁵ BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

⁶ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 57-58.

⁷ FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 73.

⁸ BRASIL. Superior Tribunal Federal. *ADI 3540 MC*. Requerente: Produtor-geral da República. Requerido: Presidente da República. Interessados: Estado de São Paulo e outros. Relator: Min. Celso de Mello. Brasília, DF, julgado em 01 de setembro de 2005, DJ 03-02-2006 PP-00014 EMENT vol-02219-03 p-00528. Disponível em: <<http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=387260>>. Acesso: 24 jun. 2015.

tecnológico”⁹, sobretudo pela amplitude de novas formas de pensar, produzir e aplicar o Direito contemporâneo frente a realidade social complexa.

Assim, com a Constituição cidadã, não se pode mais conceber a proteção do meio ambiente de forma isolada em face da complexidade da sua relação com a civilização produtora de riscos, e, portanto, geradora de complexidade¹⁰. Nesse caso, a efetividade da tutela do ambiente passa a ser consubstanciada por inúmeros princípios, diretrizes e objetivos que são traduzidos e incorporados pelo sistema normativo, compondo a legislação esparsa¹¹.

O bem ambiental é concebido coletivamente, de uso solidário e indivisível, fundado na alteridade e na socialização dos recursos naturais de forma sustentável, preservando-o para dar continuidade ao ciclo de vida das novas gerações¹², o que somente se torna possível, considerado o modelo da sociedade com a harmonização dos princípios guias destinados a construir uma noção compartilhada e solidária, condição para tutela efetiva, razão pela qual, busca-se “uma ligação mais estreita entre o processo de decisão normativa, o conhecimento controlado e refletido e a experiência partilhada”¹³, trata-se portanto, de observar as operações estruturais da sociedade moderna para descrever a produção de diferenças funcionais de seus sistemas e de seu potencial evolutivo, bem como produzir alternativas para conduzir as observações do Direito frente a problemática do (nano)risco e do paradoxo do desenvolvimento. É nesse cenário que “ganha importância as formas de interpretação elaboradas considerando os meios de comunicação simbolicamente generalizados, e nas organizações encarregadas de produzir decisões jurídicas”¹⁴.

Além disso, a vinculação com costumes e tradições que até hoje determinam a existência das características e justificativas das condutas em face do meio ambiente, impõe uma noção de ruptura com o modelo antropocentrismo, ou seja, deixando-se de ter o homem como ponto central no mundo, para ampliar essa noção e integrá-lo a um bem comum, ao cenário ambiental¹⁵. Nessa perspectiva, em face de comportamentos sociais complexos e

⁹ SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 15.

¹⁰ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2009. p. 55.

¹¹ Para um maior detalhamento consultar a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938/10. 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/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹² CATALAN, Marcos Jorge. *Proteção constitucional do meio ambiente e seus mecanismos de tutela*. São Paulo: Método, 2008. p. 133.

¹³ HESPANHA, António Manuel. *Pluralismo jurídico e direito democrático*. São Paulo: Annablume, 2013. p. 138.

¹⁴ ROCHA, Leonel. Teoria dos sistemas sociais autopoieticos: perspectivas de uma matriz jurídica contemporânea. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. p. 333.

¹⁵ SÉGUIN, op. cit., p. 23.

contingentes vistos sob três dimensões: temporal, social e prática¹⁶, a “caminhada histórica procura resgatar a memória da tradição que ensina e mostra determinadas atitudes como inaceitáveis, posto que atentam contra princípios humanos mais essenciais”¹⁷. Nesse caso, abre-se a novos contornos, mais precisos para o conceito e enquadramento jurídico a que está sujeito, assim, configurado e classificado como: o meio ambiente natural, artificial, cultural e do trabalho¹⁸.

Nesse horizonte, o papel e função dos princípios constitucionais frente a exploração tecnocientífica e as incertezas que lhe são inerentes, em particular das nanotecnologias¹⁹, exerce forte influência na direção das decisões e definições do meio ambiente, pois harmoniza os seus conceitos e confere uma proteção para as presentes e futuras gerações. Com efeito, o “contexto científico assim desenhado deverá equacionar a avaliação sobre as vantagens das nanotecnologias, relacionando-as aos seres humanos e o meio ambiente. Ambos suportarão os resultados positivos ou negativos dessas descobertas”²⁰ de forma proporcional, dentro de limites aceitáveis e de forma sustentável, ponderando-se sobre a produção de riscos indetermináveis e a adequação de medidas protetivas preventivas, o que efetivamente dependerá de evidências de danos à saúde pública e ao meio ambiente²¹.

Numa visão estrita, o meio ambiente nada mais é do que a expressão do patrimônio natural e as relações com e entre os seres vivos. Tal noção despreza tudo aquilo que não diga respeito aos recursos naturais. Por outro lado, numa visão ampla, o meio ambiente também está no artificial, ou seja, construções e edificações, equipamentos e alterações produzidas

¹⁶ Para Luhmann, as expectativas comportamentais podem se dar segundo três dimensões: temporal (estabilização por meio da normatização), social (institucionalização apoiada pelo consenso) e prática (limitações recíprocas). Para maior detalhamento consultar: ROCHA, Leonel. Teoria dos sistemas sociais autopoieticos: perspectivas de uma matriz jurídica contemporânea. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. p. 334.

¹⁷ ENGELMANN, Wilson. *A origem jusnaturalista dos direitos humanos: o horizonte histórico da declaração universal dos direitos humanos de 1948*. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI, 18., Maringá, 2009. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: COPEDEI, 2009. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/anais/36/13_1175.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹⁸ DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 52.

¹⁹ Nanotecnologia é a pesquisa, investigação e desenvolvimento tecnológico em nível atômico, molecular ou macromolecular, na escala de comprimento de aproximadamente 1-100 nanômetros (10⁻⁹), para fornecer uma compreensão fundamental dos fenômenos e materiais em nanoescala e criar e usar estruturas, dispositivos e sistemas que têm novas propriedades e funções devido ao seu tamanho pequeno e / ou intermediários. Novas propriedades de diferenciação e funções são desenvolvidas em uma escala de comprimento crítico da matéria tipicamente abaixo de 100 nm. FUNDAÇÃO NACIONAL DE CIÊNCIA (NSF). *Definição nanotecnologia (NSET, Fevereiro de 2000)*. [S.l.], 2000. Disponível em: <http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁰ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos desafios: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do direito. *Anuario de Derecho Constitucional Latino-Americano*, Montevideo, ano 17, p. 383-396, 2011. Disponível em: <<http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/dconstla/cont/2011/pr/pr25.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

²¹ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 231-233.

pelas mãos humanas²², em ambos, as (nano)tecnologias estão inseridas e fazendo parte de processos e produtos inovadores. Em contraste a esse desenvolvimento, cresce as preocupações sobre os riscos e impactos nocivos quando do seu emprego e aplicação em produtos manufaturados, sendo assim, “o principal foco de preocupação deverá ser desenvolvido em relação ao meio ambiente, saúde e segurança”²³ e garantido por meio da tutela e defesa exercida por meio do cidadão, das associações e organizações, pelo Ministério Público ou Estado²⁴.

Considera-se, portanto, tudo que está ao entorno e “não se reduz a ar, água, terra, mas deve ser definido como o conjunto das condições de existência humana, que integra e influencia o relacionamento entre os homens, sua saúde e seu desenvolvimento”²⁵. Portanto, “o meio ambiente oferece as bases naturais e existenciais necessárias ao desenvolvimento da vida humana em toda a sua potencialidade”²⁶. Nesse caso, a sua utilização por meio da manipulação humana, como é o caso das promissoras (nano)tecnologias, alerta para a necessidade de um olhar cauteloso sobre o sistema jurídico, pois a sua operação, limites e potencialidades pode contribuir para prática ou reflexão, produzindo alternativas, interpretações e argumentos para a tomada de decisões sustentáveis²⁷, ideia que leva a um esforço para “resgatar a unidade do saber e dirimir as diferenças de juízos e valores através de uma racionalidade comunicativa baseada na argumentação racional de seus juízos”²⁸.

Por fim, a correspondente definição do meio ambiente resta prevista no artigo 3º, inciso I, da Lei nº 6.938/81²⁹ (Política Nacional do Meio Ambiente), que veio a imprimir não só o conceito de meio ambiente como também a identidade do direito ambiental no

²² MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 113.

²³ 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*. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: UNISINOS, 2011. p. 342.

²⁴ ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010. p. 248.

²⁵ DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 52.

²⁶ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 65.

²⁷ GONÇALVES, Guilherme Leite. *Teoria dos sistemas sociais: direito e sociedade na obra de Niklas Luhmann*. São Paulo: Saraiva 2013. p. 15.

²⁸ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 96.

²⁹ Art 3º - “Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas [...]”. 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/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ordenamento jurídico brasileiro, uma vez que desenha e acentua os escopos específicos para assegurar o desenvolvimento socioeconômico e a proteção da dignidade da vida humana³⁰.

2.1 Desenvolvimento Tecnológico

O desenvolvimento científico e tecnológico foi recepcionado nos artigos 218 e 219 da Constituição Federal de 1988³¹. Alcançada pelo capítulo específico do Título VIII, denominado de ordem social, que fixou uma arquitetura básica para a organização do sistema nacional de ciência e tecnologia. Contudo, a construção desse sistema precede historicamente a sua promulgação, estando relacionado à institucionalização da pesquisa científica e tecnológica brasileira, expandida em meados do século XX.

Nesse contexto, projeta-se os eventos do passado – de sucesso ou de fracasso - como guia para a racionalidade tecnológica atual³². Determinante, portanto, a dimensão e mecânica social e tecnológica na sua perspectiva evolucionista, pois dela resulta a compreensão dos avanços e da movimentação da teia das relações social, econômica, política e ambiental até a formação do corpo normativo regulador.

É a partir das contingências humanas, parte fundamental na constituição da sociedade moderna, que emerge o relacionamento entre o desenvolvimento humano, tecnológico e ambiental. Da mesma forma, é da combinação entre a pesquisa científica e a capacitação tecnológica que se determina o campo de desenvolvimento e avanços da tecnologia, bem

³⁰ MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 117.

³¹ Art. 218. “O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas. § 1º - A pesquisa científica básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências. § 2º - A pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. § 3º - O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa e tecnologia, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho. § 4º - A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho. § 5º - É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica. [...] Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal. Parágrafo único. O Estado estimulará a formação e o fortalecimento da inovação nas empresas, bem como nos demais entes, públicos ou privados, a constituição e a manutenção de parques e polos tecnológicos e de demais ambientes promotores da inovação, a atuação dos inventores independentes e a criação, absorção, difusão e transferência de tecnologia.” BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaoconsolidado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

³² ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos desafios: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do direito. *Anuario de Derecho Constitucional Latino-Americano*, Montevideo, ano 17, p. 383-396, 2011. Disponível em: <<http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/dconstla/cont/2011/pr/pr25.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

como da sua apropriação pelo mercado econômico no fomento ao desenvolvimento voltado ao interesse da sociedade³³.

Percebe-se com isso, que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia é uma via de mão dupla, que proporciona uma rica qualidade de conhecimentos e informações voltadas para a evolução humana. Daí, portanto, desse intercâmbio ser “impossível dissociar o progresso social da questão ambiental”³⁴. Isso indica necessariamente um movimento de adequação e desafia as ciências jurídicas a encontrar respostas, contornos e instrumentos para efetivamente proteger as relações humanas e assegurar a construção do ideal da sustentabilidade.

Da relação estabelecida pela nova ordem global pela liderança tecnológica³⁵, destaca-se a aproximação entre a ciência e a indústria. Nesse cenário a “tecnologia ganha um papel de maior importância em relação à própria ciência, isto é, a demanda é pelo conhecimento aplicável, o conhecimento que entra no sistema produtivo³⁶ e se desenvolve pela mediação da relação homem e o meio que o envolve, como forma de benefício e melhora da sua existência e qualidade de vida³⁷, pois o mercado passa a estimular os novos caminhos para serem perseguidos, determinando as áreas de investimento e as linhas de pesquisas. Na pressão por resultados produtivos e valorização da especialidade³⁸ os “riscos envolvidos são camuflados pelas mídias globais, que dedicam as conquistas científicas como libertadoras do destino da humanidade, impedindo julgamentos e – principalmente – escolhas e opções”³⁹. Com isso, legitima-se o emprego e aplicação do processo de inovação ancorado sempre pelo desejo por novas tecnologias e produtos industrializados, ingrediente considerado essencial para o desenvolvimento socioeconômico, mas que deve sempre ser ponderado quando “uma informação científica se transforma em modismo, corre o risco de atender a interesses outros e

³³ VERONESE, Alexandre. Artigos 218 e 219. In: BONAVIDES, Paulo; MIRANDA, Jorge; AGRA, Walber de Moura (Coord.). *Comentários à Constituição Federal de 1988*. Rio de Janeiro: Forense, 2009. p. 2309-2310.

³⁴ LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Apresentação. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do (Org.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p. 10.

³⁵ Com o advento da globalização e a crescente competitividade por mercados, a busca da melhor qualificação técnica vem promovendo uma verdadeira disputa, onde os Estados, principalmente os mais poderosos, concentram de forma crescente seus esforços e investimentos nas pesquisas científicas destinadas à implementação de novas técnicas, considerada a mola propulsora do fenômeno, isso porque a ciência e a tecnologia são alçadas a fator básico de produção, competitividade e inovação. DUPAS, Gilberto. *Atores e poderes na nova ordem global: assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação*. São Paulo: Editora UNESP, 2005. p. 32-34.

³⁶ MOREIRA, Eliane Cristina P. Nanotecnologia e regulação: as inter-relações entre o direito e as ciências. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 309.

³⁷ DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 162.

³⁸ MOREIRA, op. cit., p. 309.

³⁹ DUPAS, op. cit., p. 76.

dizer apenas aquilo que dela se espera – não necessariamente o correto, mas o ‘politicamente correto’⁴⁰.

A transição para uma economia globalizada é marcada por uma lógica de expansão de mercados, alicerçada no rompimento de fronteiras econômicas, políticas e culturais, assim como pela expansão dos fluxos de capital e paralelamente o deslocamento de unidades produtivas⁴¹, baseadas na capacidade de inovação. A nova configuração global, remete a uma hegemonia das nações e liderança das empresas nas cadeias produtivas⁴², que por meio do estímulo e resposta, passa a direcionar os caminhos legitimados pela percepção positiva e sensação de segurança transmitida à sociedade.

[...] Ele (o capital) o domina e estabelece os caminhos para as investigações científicas, quando deveria ser o inverso. E mais: o desenvolvimento científico não deveria trabalhar para/com o capital, mas em benefício do atendimento das necessidades humanas⁴³.

O desenvolvimento científico e tecnológico também promete benefícios e “soluções para os problemas ambientais sem, contudo, nos obrigar a mudar nossos valores, estilo de vida ou sistemas econômicos”⁴⁴, sinalizando mais uma vez, a necessidade de um amplo processo de debate e reflexão ética sobre os rumos, possíveis riscos e consequências da racionalidade tecnológica, em particular, tratando-se das nanotecnologias.

Essa tendência e tomada de consciência não é novidade no meio social, é uma necessidade de se impor limites de segurança e regulação da prática científica e tecnológica diante abusos que ocorrem pela omissão de informações à sociedade. A história da humanidade revela que o resultado chega a “limites impensáveis, como a guerra biológica e meios de destruição em massa, não só de populações humanas, como também de ecossistemas. De um extremo a outro, há uma gama de aplicações diversas, demasiadamente variada em metodologias, processos e efeitos”⁴⁵, portanto, as novas (nano)tecnologias

⁴⁰ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura*: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. [No prologo].

⁴¹ FARIA, Moreira. *Direito e globalização econômica*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 309.

⁴² DUPAS, Gilberto. *Atores e poderes na nova ordem global*: assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação. São Paulo: Editora UNESP, 2005. p. 33.

⁴³ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 356.

⁴⁴ JAMIESON, Dale. *Ética e meio ambiente*: uma introdução. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010. p. 35.

⁴⁵ MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente*: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 605-606.

constituem uma espécie de arsenal de ferramentas extraordinárias à disposição do homem, importa saber é quais serão os reais interesses envolvidos⁴⁶.

Diante disso, é crescente o diálogo acerca dos riscos, sua aceitabilidade, bem como sobre os processos decisórios que envolvam o desenvolvimento e a difusão das novas (nano)tecnologias. E mais do que isso, cresce também a necessidade premente de desenvolver o cenário de políticas públicas, programas sociais e marcos regulatórios voltados as preocupações coletivas e ambiental face ao elevado consumo de novas tecnologias, inclusive com a inserção das nanotecnologias em diversos produtos manufaturados (protetores solares, telefones celulares, cosméticos, tecidos, roupas e equipamentos esportivos, peças automotivas, medicamentos, etc) e setores (energia, agropecuária, tratamento purificação da água, polímeros e plásticos, linha de cosméticos, odontológico, têxtil, eletrônica, eletrônicos, dentre tantos outros)⁴⁷.

O padrão e estilo de vida das pessoas resta alterado dramaticamente, uma vez que a inovação tecnológica viabiliza o aumento de produtividade, avançando o crescimento do mercado de consumo, e trazendo consigo uma diversidade de questões socioambientais a serem enfrentadas⁴⁸. Uma delas, senão a principal, é a problemática relacionada ao manejo inadequado dos resíduos sólidos produzidos pelo consumo das novas aplicações (nano)tecnológicas. No caso em particular, serão necessários estudos multidisciplinares aprofundados que apontem novas alternativas e metas para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)⁴⁹, tendo como aporte os princípios de prevenção e precaução, assim como a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, objetivando-se com isso dar maior efetividade a destinação ambientalmente adequada, bem como a redução, reciclagem e ou reutilização das nanotecnologias.

A ausência de transparência de informações para a livre opção de escolha, consumo e manejo dos resíduos (nano)tecnológicos identifica novas situações de hipossuficiência, vulnerabilidade social e de saúde, já que expõem pessoas a probabilidades de efeitos nocivos pelo seu uso, exposição ou descarte, de modo que tais adversidades exija uma maior

⁴⁶ DUPAS, Gilberto. *Atores e poderes na nova ordem global: assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação*. São Paulo: Editora UNESP, 2005. p. 31.

⁴⁷ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Panorama nanotecnologias*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 19. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁸ MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 81.

⁴⁹ 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

resiliência dessas populações, ou seja, de construir positivamente as formas de lidar com esta realidade que envolve novas condições de consumo, utilização e descarte de resíduos.

Nessa quadra da história reside o principal desafio da ciência, ou seja, buscar alternativas à imprevisibilidade dos riscos já que eventuais efeitos nocivos da aplicação da (nano)tecnologia só serão conhecidos a longo prazo e afetarão as gerações futuras.

Assim, questiona-se, sob o prisma da Teoria da Constituição, a possibilidade de ela contribuir para a modernização reflexiva⁵⁰, seja pela análise crítica do desenvolvimento científico-tecnológico ou pela desmonopolização do conhecimento (e sua democratização). O desafio maior reside no ponto em que, diante da articulação de subsistemas científicos, econômico, político e jurídico, são difíceis para um esquema normativo-constitucional assegurar os procedimentos e instituições de uma democracia e de uma justiça.

A interpretação da matéria ambiental inclui na pauta a questão do desenvolvimento, na medida em que “as gerações tecnológicas anteriores foram desenvolvidas para resolver problemas e reduzir o trabalho num mundo em que os custos ambientais não eram significativos”⁵¹, visão que se revela incompatível com a atual racionalidade ambiental, que parte da resignificação do conceito e limites do desenvolvimento para combater a “força dominante do pensamento hegemônico insustentável”⁵².

Neste encontro, a abordagem sob a perspectiva das ciências humanas e sociais, focada em mecanismos de planejamento e medidas para contornar a (in)sustentabilidade do modelo atual, “ganham força com o apoio e o reforço da crítica ecológica”⁵³. Entre elas, destaca-se no cenário brasileiro a Agenda 21, “definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica”⁵⁴, bem como a Declaração do Rio com o objetivo de estabelecer uma nova e justa parceria global na busca de acordos e interesses de todos⁵⁵, reafirmadas pelo compromisso político com o desenvolvimento sustentável firmado na Rio+20⁵⁶. A efetividade desses objetivos, expressos na Constituição

⁵⁰ Na sociedade de risco o conceito operacional amplamente difundido sobre a modernidade reflexiva indica que nela há uma confrontação entre as condições de desenvolvimento dessa sociedade e seu potencial autodestrutivo, motivo pelo qual passa pela necessidade de enfrentamento dos riscos autoproduzidos.

⁵¹ JAMIESON, Dale. *Ética e meio ambiente: uma introdução*. São Paulo: Editora Senac, 2010. p. 35.

⁵² LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 34.

⁵³ JAMIESON, op. cit., p. 10.

⁵⁴ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Agenda 21*. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁵ NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. p. 1. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁵⁶ Conferência que marcou os vinte anos de realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) e contribuiu para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as

Federal de 1988⁵⁷, caracteriza-se pelas ações e processos sustentáveis, voltados a dinâmica das necessidades humanas, presentes e futuras, harmonizadas ao desenvolvimento socioeconômico e industrial, mediante a conservação, proteção e aperfeiçoamento da capacidade do ecossistema em regenerar, reproduzir e coevoluir⁵⁸.

Prima-se, portanto, pela construção permanente de uma sociedade integrada, lapidada pelos princípios constitucionais e pelo constante diálogo entre atores sociais (capital, sociedade civil, Estado) e fontes dos saberes. Não há uma receita para o sucesso do processo de harmonização, “muitas vezes, todos os princípios funcionarão em uníssono, e algumas vezes haverá tensão, dissonância e até enfrentamento”⁵⁹. Entretanto, os valores pessoais e fundamentais do ser humano devem ser tomados como ponto de partida, já que em muitos casos são esquecidos no decorrer do processo de desenvolvimento. Uma face da civilização não se conecta com a ideia de limites da expansão e desenvolvimento econômico (promovedor da degradação ambiental), pois considera que os recursos naturais são ilimitados e inesgotáveis, portanto, eventuais crises são tratadas como efeitos colaterais relativamente esperados e passíveis de reparação ou recomposição.

Hodiernamente, no entanto, coloca-se em xeque os valores fundamentais da civilização. O olhar político deve estar voltado para o processo de desenvolvimento nacional e outro para o atendimento de políticas públicas, planos e metas que devem visar à erradicação da pobreza e marginalização, a redução de desigualdades sociais e regionais, assim como a promoção do bem de todos, sem preconceitos de origens, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação. Do contrário, a ideia de desenvolvimento como crescimento quantitativo, ainda que fundamental para a economia de consumo poderá se tornar o algoz da espécie humana, sendo a exclusão social, a degradação ambiental e a ameaçada de extinção os principais condutores.

A sociedade contemporânea necessita reavaliar as descobertas no campo científico sem obscurecer os enormes desafios sociais, econômicos e éticos que as novas tecnologias

próximas décadas, bem como de renovar o compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e do tratamento de temas novos e emergentes. NAÇÕES UNIDAS. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. *Sobre a Rio+20*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁷ Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: I - construir uma sociedade livre, justa e solidária; II - garantir o desenvolvimento nacional; III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; IV - promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 29 jun. 2015.

⁵⁸ BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 14.

⁵⁹ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 156.

carregam ao serem consideradas como as principais fontes do progresso humano. A relação do mercado emergente das nanotecnologias com a saúde humana e o meio ambiente, por exemplo, será determinante para a fortificação ou enfraquecimento do desenvolvimento sustentável, pois elas já fazem parte da nossa realidade⁶⁰.

Naturalmente há um caminho sem volta do qual duas questões emergem como principais elementos de debate: 1) “O público, de modo geral, e, em especial, nos países do Hemisfério Norte tem maior acesso às informações, através dos meios de comunicação, demandando participação nos debates e envolvimento nos processos decisórios”⁶¹ e 2) “Podemos afirmar, sem medo de exageros, que existe uma verdadeira ‘invasão’ de empresários e patrocinadores privados no campo do desenvolvimento científico e tecnológico”⁶², já que isso pode resultar na formação de monopólios por parte de grupos específicos, fortalecendo os interesses e influência política nos processos decisórios.

Seguindo essa tendência, existe a possibilidade de o detentor do poder sobre as pesquisas manipular as informações, por meio da sua restrição ou omissão à sociedade ou até mesmo pela falta de atuação dos órgãos públicos, dado a ausência de regulação e insuficiência de estudos sobre os impactos dos efeitos oriundos das manipulações e intervenções humanas em escala nanométrica.

O aprofundamento sobre questões como a toxicidade, mobilidade e dispersão das nanopartículas no corpo humano (pele, cérebro, entre outros) e ou no meio ambiente (água, solo e ar) são medidas que se impõe para a melhor percepção e aceitação dos riscos pela sociedade. É nesse espaço que se abre uma oportunidade para “ressignificar o Princípio da Precaução”⁶³. Para tanto, a “informação ambiental deve se revelar com as características da tecnicidade, por sistemas informativos padronizados; da compreensibilidade, sendo imparcial

⁶⁰ As nanotecnologias estão hoje sendo o foco das atenções, existe uma projeção global estimada para os investimentos até 2020, tanto públicos como privados, na ordem de US\$ 3 trilhões. Os principais setores contemplados são: indústria de cosméticos, em fármacos, eletrônicos, automotores, artigos de higiene pessoal e na área de engenharia civil, entre outras. BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *De cosméticos a engenharia civil, nanotecnologia faz parte do cotidiano*. Brasília, DF, 25 jul. 2014. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/home?p_p_auth=oPx1hnxg&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=19163&_101_type=content&_101_urlTitle=de-cosmeticos-a-engenharia-civil-nanotecnologia-faz-parte-do-cotidiano&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mcti.gov.br%2Fnoticias%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_keywords%3Dnanotecnologia%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶¹ TELLES, José Luiz. Bioética. Biotecnologias e biossegurança: desafios para o século XXI. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 182-183.

⁶² Ibid., p. 182-183.

⁶³ 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*, São Paulo, v. 69, p. 4, 2013.

sem privilegiar pontos de vista; e da rapidez, sob pena de ser inócua”⁶⁴, sob pena de não atingir a sua finalidade, qual seja: a de garantir o desenvolvimento social.

A evolução do conhecimento adquirido e empregado caminha a passos largos e produz uma sensação de insegurança face a incerteza sobre os riscos das novas tecnologias. Por outro lado, “a proteção do meio ambiente não deve servir como álibi para o protecionismo comercial, é preciso procurar, de forma exaustiva, os meios de prevenir a degradação do meio ambiente que possa ocorrer através do comércio”⁶⁵. Há que se equilibrar fins e meios em respeito ao ser humano, pois a realidade é clara: o ser humano continua a consumir mais do que o planeta é capaz de fornecer e a produzir mais resíduos do que locais para seu depósito. Frente as nanotecnologias “revela uma obrigação e cuidado dos pesquisadores e seus financiamentos sobre os resultados da intervenção criativa (nano) na natureza”⁶⁶.

Todas essas preocupações são legítimas e atuais, trata-se de uma convivência com os riscos socioambientais ainda desconhecidos, suscita à dúvida, por outro lado, também revela o receio de ineficácia dos princípios da prevenção e precaução quando sopesados os amplos benefícios - largamente difundidos para promover o uso e a comercialização das nanotecnologias – e a potencialidade dos impactos negativos, encobridos com a distribuição dos riscos nas comunidades afetadas, já que “em função da bi-dimensionalidade do risco, a ciência e a técnica se constituem, ao mesmo tempo, motores do desenvolvimento econômico e social e potenciais inimigos do meio ambiente, pois atentam contra a saúde pública e sobre o valor social da vida”⁶⁷.

Nesse contexto, leva-se em conta o papel exercido pela ciência e tecnologia no âmbito da estrutura de produção, o que implica incluir uma distinção entre a ciência de produção e a ciência de impacto, na medida em que ambas contribuem para a compreensão das interações dos sistemas sociais e ecossistema⁶⁸.

⁶⁴ COLPO, Roberto. *Direito de informação para consciência ambiental*. [S.l.], 17 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.zulupa.com.br/colunas/cultura/2011/8/1819/direito-de-informacao-para-consciencia-ambiental>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁵ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 1103.

⁶⁶ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 123.

⁶⁷ CASA, G. M. et al. *Inovação tecnológica na sociedade de risco: aportes a partir da filosofia da técnica*. [S.l.]. p. 12. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1598.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁸ GOULD, Kenneth. *Unsustainable science in the treadmill of production: the declining salience of impact science in environmental conflicts*. Denver: ago. 2012. Paper prepared for the Annual meetings of the American Sociological Association. p. 3. Disponível em: <<http://rampages.us/goldstein2014/wp-content/uploads/sites/316/2014/08/Gould-Unsustainable-Science.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Ciência de produção é a que leva a um aumento na produção, distribuição e consumo de bens e serviços que melhoram o lucro dos produtos e serviços (incluindo militar). Se realizados na ciência básica ou níveis de ciência aplicada, a ciência de produção tem como objetivo gerar resultados. Estes podem vir na forma de novos bens consumidores, novos sistemas de armas, novos processos de produção, ou novos materiais. Em contraste, ciência de impacto é o que melhora a nossa compreensão dos impactos do processo produtivo na saúde ambiental e humana, produtos e externalidades. Ciência de impacto observa as mudanças no ambiente natural e saúde humana que derivam das adições sociais, e retiradas a partir do ecossistema⁶⁹.

Dessa maneira, observa-se que de um modo geral o ritmo atual das pesquisas e recursos financeiros para aplicações em produtos (ciência de produção) é extraordinário, enquanto que, para as pesquisas sobre os impactos sociais, ambientais, éticos e econômicos (ciência de impacto) são muito pequenos. O resultado disso, “é que há uma incompatibilidade crescente entre o que nós precisaríamos saber para avaliar nosso progresso em direção, ou retirada de sustentabilidade, e ou total de conhecimento científico como uma civilização global”⁷⁰.

Diante dessa realidade, necessita-se de um desenvolvimento de intensas atividades e do engajamento público de debates por todo o país sobre o tema, bem como de políticas que beneficie e diversifique o uso de tecnologias pró-ambiente, voltadas a solucionar as demandas ambientais, ou até mesmo impedir sua ocorrência, por meio do uso de nanotecnologias desenvolvidas para esse fim.

Ademais nesse tormentoso campo que é a ciência e tecnologia existe “um grande lobby de cientistas, no sentido de convencer os congressistas a não votarem qualquer legislação para a área”⁷¹ com a justificativa de que a regulamentação pode ser em grande medida um tiro no pé, pois engessa os processos de investigação e aplicação do conhecimento técnico-científico⁷² voltados a solucionar e beneficiar a sociedade, bem como limita o interesse de novos investimentos em pesquisa e inovação tecnológica.

⁶⁹ GOULD, Kenneth. *Unsustainable science in the treadmill of production: the declining salience of impact science in environmental conflicts*. Denver: ago. 2012. Paper prepared for the Annual meetings of the American Sociological Association. p. 3. Disponível em: <<http://rampages.us/goldstein2014/wp-content/uploads/sites/316/2014/08/Gould-Unsustainable-Science.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰ Ibid., p. 3.

⁷¹ TELLES, José Luiz. Bioética: biotecnologias e biossegurança: desafios para o século XXI. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 181.

⁷² Existe o temor de que haja a “interrupção das investigações e a paralisação de todos os setores envolvidos, até o momento de se ter expectativas ou um conhecimento mais detalhado acerca dos riscos”. 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*, São Paulo, v. 69, p. 2, 2013.

Ainda não se sabe qual será o desfecho do debate sobre os riscos futuros que a (nano)tecnologia reserva para a sociedade pensar, contudo, já existe sérios alertas, particularmente sobre a incerteza das nanopartículas e da possibilidade de contaminação ambiental incontrolável decorrentes da acumulação, tanto na cadeia alimentar, como da interação e reprodução descontrolada, e ainda de possíveis epidemias⁷³, um cenário de medo que remete, inclusive, para a possibilidade de desastres tecnológicos, produzidos pela convergência de fatores naturais e da ação do homem – manipulação nanométrica – combinação que potencializa a produção de riscos⁷⁴. Nessa direção é essencial o engajamento e transparência da administração pública na discussão e reflexão do desenvolvimento tecnológico, sua aplicação, riscos e efeitos futuros, já que faz parte do enfrentamento do problema a seleção dos riscos a serem considerados.

De forma que, tais questões não devem ser avaliadas por grupos ou interessados que financiam os projetos de pesquisa e desenvolvimento⁷⁵, pois isso conduziria a uma avaliação dimensionada tão somente pelo interesse e parâmetros do mercado, ou com os recursos por ele oferecidos⁷⁶. Seguindo essa analogia, a autonomia da ciência e financiamento de projetos de pesquisa voltados para o desenvolvimento tecnológico e econômico gera cada vez mais a tendência de escassez de recursos públicos voltados para pesquisas dos riscos oriundos da aplicação de novas tecnologias e o gradual aumento da dependência de recursos de financiamento da iniciativa privada (empresas e grandes corporações), cujo deslocamento gera uma dependência do poder de decisão sobre os rumos da pesquisa.

Entre outras palavras, o progresso científico deve estar alicerçado na dignidade da pessoa humana (art. 1º, III, c/c o art. 218, § 1º da CF), prevalecendo os preceitos de defesa desse direito, conjugado segundo a ordem jurídica adequada aos preceitos da ordem financeira e econômica (art. 1º, IV, c/c o art. 170, VI, da CF)⁷⁷, o que nem sempre é tarefa fácil, muitas vezes sendo necessário algum retrocesso para que seja possível o avanço, o que determina a construção de políticas públicas que viabilize essa pretensão.

⁷³ DUPAS, Gilberto. *Los riesgos de las nanotecnologías: la aplicación de la nanotecnología causará enormes impactos en la sociedad, generará ganancias y provocará inmensos riesgos*. [S.l.], 2008. Disponível em: <http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/los_riesgos_de_la_nano.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁴ CARVALHO, Délton Winter de. *Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais*. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, v. 67, p. 115, 2012.

⁷⁵ TELLES, José Luiz. Bioética: biotecnologias e biossegurança: desafios para o século XXI. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 187.

⁷⁶ MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 60.

⁷⁷ FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 401.

Atualmente, considera-se que a Hélice Tríplice das “interações entre universidade, indústria e governo é a chave para a inovação e o crescimento em uma economia baseada no conhecimento”⁷⁸. Nesse cenário de interação construído pela hélice tríplice, as universidades, empresas e governos acabam assumindo o papel do outro. A universidade além de ser um gerador de um fluxo contínuo de capital humano e de conhecimento (aporte para novas ideias) assume o papel da indústria e passa a estimular o desenvolvimento de novas empresas a partir da pesquisa, capitalizando o conhecimento. Do outro lado, as empresas enquanto geradoras da produção, passa a desenvolver níveis sofisticados de treinamentos, compartilhando o conhecimento adquirido por meio de *joint ventures*, revestindo-se assim com um perfil mais acadêmico. Já o governo, como fonte das relações contratuais e garantidor da estabilização dessas relações e interações, permanece atuando como capitalista público de *joint venture*, ladeado a suas atividades iminentemente regulatórias⁷⁹. Como resultado emerge a possível criação de uma quarta hélice consubstanciada nos Direitos Humanos, revestida de caráter preventivo e conjugada com o processo de inovação para atender e sustentar as demais hélices, talvez assim, promovendo de forma adequada a proteção do ser humano e do meio ambiente⁸⁰.

Considerado que os “avanços científicos são pautados pelos interesses econômicos que eles poderão trazer aos investidores”⁸¹, permanece atuante a intervenção privada, que entra no cenário para uma corrida tecnológica emergente, nesse caso, das nanotecnologias⁸². Nesse contexto, cabe ao setor público diante políticas públicas gerarem um maior debate sobre a evolução das novas técnicas e aplicações juntamente com a sociedade, ampliando o diálogo e informação sobre os estudos aplicados e possíveis riscos que possam advir dessa aplicação, rumo à construção de uma nova ética para o desenvolvimento, eis que há a “necessidade de uma definição social de princípios abrangentes e norteadores da evolução tecnológica, econômica e institucional pela sociedade contemporânea”⁸³.

⁷⁸ ETZKOWITZ, Henri. *Hélice tríplice: universidade-indústria-governo: inovação em ação*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009. p. 1.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 1.

⁸⁰ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a inovação tecnológica: a hélice quádrupla e os direitos humanos. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *Seminário nanotecnologias: um desafio para o século XXI* (18 a 21 de outubro de 2010). São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. p. 180.

⁸¹ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 356.

⁸² MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 606.

⁸³ DALCOMUNI, Sônia Maria. Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 58.

A inovação nanotecnológica remete a um complexo sistema que envolve atores sociais, políticos e econômicos que exercem o poder de direcionamento e condução na trajetória do desenvolvimento tecnológico, podendo ditar os rumos entre benefícios ou riscos⁸⁴. Vale dizer que o desenvolvimento científico-tecnológico deve possuir uma abordagem também focada para o meio ambiente e os seus impactos. Igualmente, não se deve perder de vista a perspectiva histórica e os efeitos que ela provoca no ser a partir de uma reflexão vivida, ou seja, da indeterminação e imprevisibilidade da dinâmica das relações sociais, pois nela está contido o sentido vinculado ao próprio sujeito cognocente⁸⁵.

Com efeito, as nanotecnologias propõem um movimento contínuo de aperfeiçoamento técnico e humano, social e político, econômico e ambiental que possibilite acompanhar as demandas e desafios que dessa relação complexa emerge, tais como, os interesses privados, públicos, econômicos e ambientais⁸⁶.

Sendo assim, “o Poder Público não poderá ficar omissivo ou indiferente diante o uso do meio ambiente, do tratamento do consumidor, da busca do emprego e da redução de desigualdades frente à liberdade profissional e empresarial”⁸⁷. Assim como a sociedade não pode ficar alheia a um debate e questionamento sobre a intensidade do uso dos recursos naturais e os efeitos do atual padrão de industrialização e consumismo propiciado pelo processo de crescimento econômico, também não poderá ficar alheio ao desenvolvimento das nanotecnologias e dos impactos socioambientais da sua aplicação e emprego em produtos manufaturados, postos em circulação sem que haja uma nanorregulação que assegure a devida proteção pela sua comercialização.

Como resposta as novas demandas oriundas das nanotecnologias, torna-se indispensável um saber ético⁸⁸. Um questionamento da historicidade e da sua condição enquanto produção da evolução humana. Certamente “não cabe uma única resposta correta, dada a complexa imbricação entre a resposta, a pergunta e as circunstâncias históricas”⁸⁹ que lhe circunscreve ao próprio avanço e desenvolvimento das nanotecnologias, pois lhe antecedem. Portanto, para que o direito compreenda e produza respostas adequadas à realidade nanotecnológica, deve-se abrir a novas possibilidades para alcançar o seu horizonte, focado do modelo de desenvolvimento sustentável, que exige duas pré-condições: “a capacidade

⁸⁴ DALCOMUNI, Sônia Maria. Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p 61.

⁸⁵ ENGELMANN, Wilson. *Direito natural, ética e hermenêutica*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007. p. 127-128.

⁸⁶ DALCOMUNI, op. cit., p. 62.

⁸⁷ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 155.

⁸⁸ ENGELMANN, op. cit., p. 129.

⁸⁹ Ibid., p. 129.

natural de suporte (recursos naturais existentes) e a capacidade de sustentação (atividades sociais, políticas e econômicas geradas pela própria sociedade em seu próprio benefício)”⁹⁰.

2.1.1 Preceitos da Ordem Econômica

A ordem econômica rege-se pelo princípio da livre iniciativa, em razão disso faz-se necessário uma breve abordagem sobre o tratamento dado frente à proteção do meio ambiente.

Essa realidade se desvela na Constituição Federal de 1988 e reforça o entendimento oriundo dos princípios norteadores do direito que são inerentes a própria economia, preceitos expressos pelos princípios gerais da atividade econômica, onde se almeja gerar um bem-estar social para a sociedade. Função que vem sendo tutelada, viabilizando o crescimento e desenvolvimento humano com respeito ao meio ambiente⁹¹. Nesse sentido, tem sido a jurisprudência pátria quando impõe e condiciona o desenvolvimento nacional à necessidade de preservação da integridade do meio ambiente, tendo com princípio base o desenvolvimento sustentável e o fator de obtenção do justo equilíbrio entre as exigências da economia e da ecologia⁹².

Sabe-se que a livre iniciativa é fundamento do desenvolvimento econômico de um país e está prevista no artigo 170 da Constituição Federal Brasileira⁹³. No seu inciso VI, “determina que produtos e serviços e seus respectivos processos produtivos e de prestação que gerem menor impacto ambiental devem ser prestigiados em detrimento de outros que gerem

⁹⁰ MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 71.

⁹¹ O art. 170 da CF/88, em seu inc. VI, buscando assegurar a todos a existência digna, conforme os ditames da justiça social, calcando-se na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, declinou como princípio da ordem econômica: a “defesa do meio ambiente”. D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14001*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 140.

⁹² BRASIL. Superior Tribunal Federal. *ADI 3540 MC*. Requerente: Produtor-geral da República. Requerido: Presidente da República. Interessados: Estado de São Paulo e outros. Relator: Min. Celso de Mello. Brasília, DF, julgado em 01 de setembro de 2005, DJ 03-02-2006 pp-00014 EMENT vol-02219-03 pp-00528. Disponível em: <<http://redir.stf.jr/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=387260>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹³ Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: I - soberania nacional; II - propriedade privada; III - função social da propriedade; IV - livre concorrência; V - defesa do consumidor; VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003) VII - redução das desigualdades regionais e sociais; VIII - busca do pleno emprego; IX - tratamento favorecido para as empresas de pequeno porte constituídas sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 6, de 1995) Parágrafo único. É assegurado a todos o livre exercício de qualquer atividade econômica, independentemente de autorização de órgãos públicos, salvo nos casos previstos em lei. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

maior impacto ambiental”⁹⁴. Ou seja, a política econômica deve ser permeada por diretrizes mercadológicas que conduzem ao desenvolvimento econômico e social, pois “a liberdade está no princípio-base da liberdade de iniciativa, um fundamento da ordem econômica”⁹⁵. Por outro lado, o exercício dessa liberdade, está condicionado a realização dos objetivos esculpidos no artigo 225 da Constituição Federal⁹⁶.

O estímulo através do fortalecimento e expansão da produção, do aumento do nível de empregos, da aplicação e progresso das tecnologias e da ciência, pelo aumento e variedade de produtos postos à disposição no mercado de consumo e a exploração, deve ser em consonância com demais princípios esculpidos na carta máxima, conjugando-se para encontrar o equilíbrio necessário para a proteção do meio ambiente em sentido amplo, tal observância resta inerente e “simplesmente um fato a ser considerado a um *ato de gerência*, núcleo de política comportamental de uma organização, quanto, conforme o caso, algo a ser acrescido de uma organização”⁹⁷.

Isso demonstra que a “eficácia desses valores depende integralmente do conhecimento das normas ambientais pela sociedade e pelo setor produtivo e da aplicação coordenada das normas ambientais, com fundamento na interpretação lógico-sistemático-teleológica, pelos operadores do direito”⁹⁸. Diante disso, necessário incluir nessa observação a consideração sobre os riscos do desenvolvimento (nano)tecnológico e o impacto socioambiental face o consumo e descarte massificado de produtos com obsolescência programada⁹⁹, já que cabe ao

⁹⁴ GRIZZI, Ana Luci Limonta Esteves. *Direito ambiental aplicado aos contratos*. São Paulo: Verbo Jurídico, 2008. p. 44.

⁹⁵ DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 221.

⁹⁶ Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁷ D'ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14001*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 142.

⁹⁸ GRIZZI, op. cit., p. 46.

⁹⁹ A obsolescência programada, também chamada de obsolescência planejada, está relacionada a uma prática surgida no século XIX, pouco antes da Revolução Industrial, para o estímulo e aumento do consumo. Contudo, seu conceito somente veio a ser amplamente difundido a partir do século XX com os estudos de Vance Packard, particularmente com a obra intitulada *Hidden Persuaders* e *The Waste Makers* (Estratégias de desperdício). Publicada em 1950, define, classificou e sistematiza de forma ampla. Define-a como uma prática que visa “a redução artificial da durabilidade dos bens de consumo, para que induza os consumidores a adquirirem produtos substitutos antes do necessário e, por consequência, com mais frequência do que normalmente o fariam. A obsolescência do produto, ainda resta classificada segundo critérios de *qualidade* (técnica ou materiais de qualidade inferior - imperceptibilidade), *função ou funcional* (introdução de melhorias tecnológicas mais eficientes) e *desejo ou psicológica* (estilo, aparência, estratégias de marketing e design). MORAES, Kamila Guimarães de. *Obsolescência planejada e direito: (in)sustentabilidade do consumo à produção de resíduos*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015. p. 51-54. Para um estudo mais aprofundado sobre os diversos contornos, aspectos jurídicos e limites de a obsolescência planejada no Brasil, ver também MORAES, Kamila Guimarães de. *Panorama atual dos aspectos jurídicos da obsolescência*

empreendedor de uma nova atividade potencialmente perigosa o ônus de demonstrar a segurança do empreendimento, segundo a interpretação do artigo 6º, VIII, da Lei 8.078/1990 (Código de Defesa do Consumidor) combinado com o artigo 21 da Lei 7.347/1985 (Ação Civil Pública) e com o Princípio Ambiental da Precaução¹⁰⁰, conforme a decisão proferida no Recurso Especial 972.902/RS, julgado em 25.08.2009.

[...] o desafio do desenvolvimento ‘responsável’ da nanotecnologia, frente questões chave para tutela do direito fundamental ao meio ecologicamente equilibrado como um direito intra e intergeracional, especialmente a necessidade/possibilidade de aplicação do princípio da precaução frente aos riscos incertos dessa tecnologia emergente e sua relação com o ‘desenvolvimento sustentável’¹⁰¹.

A qualidade de vida e a dignidade humana são pressupostos de ambas as diretrizes protetivas constitucionais, diretamente relacionadas e dependentes ao uso apropriado dos bens ambientais, para que “os recursos hoje existentes não se esgotem ou tornem-se inócuos”¹⁰². Seguindo essa trilha a vida deve ser efetivamente valorizada e construída de forma racional e em comunhão com os avanços das novas tecnologias, sem com isso sacrificar os patrimônios naturais da humanidade.

2.1.2 Desenvolvimento Sustentável

O conceito atualmente proposto para a Sustentabilidade “consiste em assegurar, hoje, o bem-estar físico, psíquico e espiritual, sem inviabilizar o multidimensional bem-estar futuro”¹⁰³. Nessa perspectiva,

[...] trata-se do princípio constitucional que determina, independentemente de regulamentação legal, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade

planejada e os novos limites para o século XXI. In: LEITE, José Rubens Morato; IGLECIAS, Patrícia Faga (Org.). *Direito ambiental para o século XXI: novos contornos jurisprudenciais e na regulamentação dos resíduos sólidos*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 209-240.

¹⁰⁰ BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. *Acórdão no recurso especial nº. 972902/RS*. Recorrente: Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. Recorrido: Amapá do Sul S/A. Artefatos da Borracha. Interessado: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Relator: Eliana Calmon da 2ª Turma. Brasília, DF, 25 de agosto de 2009. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=903149&num_registro=200701758820&data=20090914&formato=PDF>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰¹ ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Precaução, direito fundamental ao ambiente e equidade intergeracional: desenvolvimento das nanotecnologias, precaução e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. In: SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). *Princípios do direito ambiental: atualidades*. Caxias do Sul: EducS, 2012. p. 78-79.

¹⁰² FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 82.

¹⁰³ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 41.

do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente inclusivo, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar, preferencialmente de modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar físico, psíquico e espiritual, em consonância homeostática com o bem de todos¹⁰⁴.

Entretanto, importante referir que o progresso histórico dessa proposta foi gradualmente formatado¹⁰⁵, perpassando as correntes e interpretações teóricas desenvolvidas pelo pensamento ambiental ao longo do tempo. Originalmente privilegiavam, cada qual, um dos três aspectos da sustentabilidade (econômico, ecológico e social). A corrente com pensamento voltado ao ambientalismo moderado (conservadores) privilegiava o eixo econômico-ecológico, com políticas ambientais ocupadas em estabelecer o capital natural a ser conservado (graus de sustentabilidade). Por conseguinte, a corrente chamada de humanista crítica, centrava-se na ideia de uma sustentabilidade social e, portanto, nas mudanças necessárias para que o uso econômico dos recursos naturais fosse subordinado aos objetivos sociais, buscando assim, a superação do capitalismo a partir da construção de uma nova sociedade.

O debate ambiental, a partir dos anos sessenta, sofre profundo impacto com a crescente preocupação com as ameaças e desastres que começavam a fazer parte do cenário devido a uma visão essencialmente antropocêntrica. Em face disso, no final dos anos sessenta fomentou-se a limitação do uso dos recursos naturais de modo a deter o crescimento econômico e populacional, ideia que integrou a corrente conservacionista, criando uma forte oposição de valores entre sociedade e natureza, economia e ecologia, bem como de crescimento e desenvolvimento. No entanto, a partir dos anos setenta, mais precisamente em Estocolmo (1972), a Organização das Nações Unidas (ONU) juntamente com os países do terceiro mundo apresentaram duas grandes respostas a essa questão – funde-se as ideias conservadoras e humanistas. Na primeira, considerando o crescimento compatível com o cuidado ambiental e, na segunda, levando em conta a necessidade de fomentar a construção de uma nova ordem econômica internacional ancorada na luta política e intermediada pela

¹⁰⁴ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 41.

¹⁰⁵ Para o desenvolvimento e aprofundamento das diferentes abordagens conceituais consultar: PIERRI, Naína. *Historia del concepto de desarrollo sustentable*. Programa Estrategia Nacional de Educación Ambiental. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires. p. 27-81. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/abc.html#p>>. Acesso em: 24 jun. 2015. PIERRI, Naína. El proceso histórico y teórico que conduce a la propuesta del desarrollo sustentable. In: PERRI, Naína; FOLADORI, Guilherme (Org.). *Sustentabilidad? desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Montevideo: Trabajo y Capital, 2001. p. 27-80.

participação das empresas, Estado e sociedade civil, por meio da participação social na formação e tomada de decisões¹⁰⁶.

Entre Estocolmo (1972)¹⁰⁷ e Brundtland (1987)¹⁰⁸, constitui-se um cenário com maior aceitação de toda a problemática ambiental, sob a formulação do princípio do desenvolvimento sustentável, quando então acentua-se a priorização da retomada do crescimento econômico, contudo, mediante a construção de alternativas tecnológicas e energéticas. Politicamente, evidencia-se uma maior receptividade a ideia de mudança no sistema, considerando-se possível e necessária para enfrentar a crise ambiental. Com essa transição de pensamento e posições, revitalizou-se e promoveu-se a ideia do mutualismo internacional (conservação e desenvolvimento), ancorado em uma economia global crescente, organizada e gerenciada, mas consubstanciada fundamentalmente pelo intercâmbio equitativo entre as nações e relações de cooperação¹⁰⁹.

Hodiernamente, como outrora, o cenário do desenvolvimento produtivo, (nano)tecnológico, científico, filosófico caminha sem precedentes para uma espécie de balanço contínuo de atividades, reflexões que podem fazer a diferença no contexto da produção mundial. Nesse sentido, revela-se “prioritário rever a relação entre economia e vida, sem qualquer aposta frívola ou adocicada nos milagres da tecnologia”¹¹⁰. Transpassa, portanto, apenas meras boas intenções, pois “os fatos já disponíveis invalidam muitas

¹⁰⁶ PIERRI, Naina. *Historia del concepto de desarrollo sustentable*. Programa Estrategia Nacional de Educación Ambiental. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires. p. 79-81. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/abc.html#p>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁷ Quando então a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, em junho de 1972, produziu a Declaração sobre Ambiente Humano, ou Declaração de Estocolmo, e estabeleceu princípios para questões ambientais internacionais, incluindo direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e relação entre ambiente e desenvolvimento, estendendo-se até a necessidade de se abolir as armas de destruição em massa. A conferência também levou à elaboração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que deu continuidade a esses esforços. DA CONFERÊNCIA das Nações Unidas para o meio ambiente humano, em Estocolmo, à Rio-92: agenda ambiental para os países e elaboração de documentos por Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Em Discussão*, Brasília, DF, n. 3, n. 11, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-das-nacoes-unidas-para-o-meio-ambiente-humano-estocolmo-rio-92-agenda-ambiental-paises-elaboracao-documentos-comissao-mundial-sobre-meio-ambiente-e-desenvolvimento.aspx>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁸ Após avaliação insatisfatória dos resultados da Declaração de Estocolmo, passados 10 anos, foi a vez da formação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), dirigida pela ex-primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, cujo relatório de 1987 (Our common future) tinha como missão propor uma agenda global para a mudança. Constituiu o maior esforço então conhecido para conciliar a preservação do meio ambiente com o desenvolvimento econômico, cujo porto de chegada denominou-se Desenvolvimento Sustentável. NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. *Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico*. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 54, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142012000100005&script=sci_arttext>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁹ PIERRI, op. cit., p. 79-81.

¹¹⁰ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 46.

expectativas implícitas de um grande número de pessoas, de que haja um crescimento sustentável no futuro [...]”¹¹¹.

Ventila-se uma transformação na escala de produção e crescimento econômico global ilimitado desencadeado pelo consumo massificado que venha a impactar em novas demandas ambientais (invisíveis, globais e transtemporais), não sendo portanto, suficiente a utilização do princípio do desenvolvimento sustentável de forma isolada como resposta a complexa problemática desse cenário, impondo senão a formulação e radicalização de soluções alternativas para fazer frente aos novos desafios contemporâneos, particularmente porque a tecnologia e as inovações são considerada como parte da solução, mas também do problema¹¹².

Dessa forma, para que a sustentabilidade se torne eficaz e com sentido, evidencia-se que não basta tão somente o avanço e o desenvolvimento, é necessário o comprometimento de todos os atores, políticos e sociais, para que pratiquem, invistam, planejem e atuem com consciência e responsabilidade permanente sobre suas atividades de forma que seja possível conservar o meio ambiente as futuras gerações, assegurando uma existência digna, nos termos do art. 170, *caput* da Constituição Federal¹¹³.

Sendo assim, o homem deve exercer suas atividades com cautela quando decide viver em sociedade, uma vez que estabelece relações por meio de um contrato social onde define os objetivos e valores que passa a compartilhar, definindo quais comportamentos e ações são toleráveis e aceitáveis no convívio social¹¹⁴.

Diretrizes no âmbito social já traduzem o verdadeiro sentido da sustentabilidade, ou seja, um agir compatível com os princípios de precaução, de modo que tais efeitos não sejam destrutivos. Segundo Jonas: “Não ponha em perigo as condições necessárias para a conservação indefinida da humanidade sobre a Terra”; ou, em um uso novamente positivo: “Inclua na tua escolha presente a futura integridade do homem como um dos objetos do teu querer”¹¹⁵. Isso revela o importante papel que todo tipo de processo educativo e informativos

¹¹¹ MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limites do crescimento: a atualização de 30 anos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. p. XIX.

¹¹² LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Apresentação. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do (Org.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p. 11-13.

¹¹³ Art. 170. “A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social [...]”. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

¹¹⁴ BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 125.

¹¹⁵ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 47-48.

pode alcançar, ou seja, a tão sonhada sustentabilidade de qualquer atividade humana exercida, seja no meio privado ou público.

Nesse compasso, a partir do modo transdisciplinar, o modelo de produção deve se apresentar determinado a praticar e incentivar uma economia justa, tecnológica, rica e ambientalmente sustentada, respeitando a dignidade da pessoa humana¹¹⁶. Mormente, sendo a noção de sustentabilidade hoje considerada sinônimo de impactos positivos no processo de desenvolvimento econômico, social e ambiental, uma vez que a ausência de ações sustentáveis coloca em risco a sobrevivência da atividade produtiva.

Significa dizer que a concepção de desenvolvimento sustentável ganha diversos contornos, de um lado significa alcançar o crescimento econômico incorporando eventuais externalidades e tecnologias sem prejuízos a rentabilidade e competitividade, e por outro, aponta um significativo crescimento da cultura local, saúde, educação e do exercício do cidadão pela participação social¹¹⁷. Entretanto, existe um forte questionamento e crítica ao modelo de desenvolvimento econômico, sustentado pelo desenvolvimento tecnológico, consumo exacerbado e mecanismos que produzem desigualdades sociais e conseqüentemente a potencialização da degradação ambiental.

O que se procura é harmonizar o desenvolvimento econômico-social com práticas sustentáveis, do contrário, gera-se uma sensação e imagem negativa e indesejada no setor, voltada tão somente para o crescimento. Dessa forma, pensar a produção a partir da harmonização e do diálogo entre indústria, governo e sociedade valoriza uma postura de precaução como meio de controle das ações humanas em face do vertiginoso avanço da técnica.

Muito embora hoje exista o conceito de desenvolvimento sustentável, a construção foi gradual e lenta. O marco internacional do direito ambiental e da difusão da crise ambiental foi dado na Conferência de Estocolmo, em 1972. Nela o meio ambiente foi tratado, pela primeira vez, como um bem jurídico autônomo. No Brasil, o marco que identificou o conceito hoje existente foi a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92, onde resta consignado 27 princípios voltados à proteção do meio ambiente como parte integrante do desenvolvimento do país, com menção expressa ao desenvolvimento sustentável¹¹⁸. No

¹¹⁶ CATALAN, Marcos Jorge. *Proteção constitucional do meio ambiente e seus mecanismos de tutela*. São Paulo: Método, 2008. p. 127.

¹¹⁷ *Ibid.*, p. 33.

¹¹⁸ Princípio 4. Para alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental constituirá parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente deste. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

âmbito de aplicação aparece os princípios jurídico-ambientais, como os da preservação, cooperação, e em especial, o da precaução e da equidade intra e intergeracional¹¹⁹. Duas décadas após, dada a permanente necessidade de redução e compensação dos impactos socioambientais, criou-se na Rio+20 as chamadas Coordenações de Sustentabilidade para propor novas iniciativas e processos para o usual trabalho de organização, estimulando colaboradores, parceiros e fornecedores a fazer uso de produtos e serviços mais sustentáveis¹²⁰.

A sua realização proporcionou a divulgação das iniciativas, atividades e políticas voltadas para o desenvolvimento sustentável, que adota na sua concepção três pilares de sustentação: social, meio ambiente e economia, visando a construção sustentável de um modelo global de eficiência econômica, considerado os novos elementos e configurações oriundos do processo de globalização. A coordenação de sustentabilidade elegeu nove dimensões para concentrar os debates em torno do pilar ambiental: gestão das emissões de gases de efeito estufa, gestão de resíduos sólidos, gestão de recursos hídricos, energia, transporte, construções sustentáveis, compras públicas sustentáveis, turismo sustentável e alimentos sustentáveis¹²¹.

Nesse cenário, valoriza-se a cultura como ponto chave e elo de ligação com a historicidade, os costumes, fundamental para formação e tomada de decisões sobre o modelo que se pretende para o futuro. Justifica-se, já que a cultura transpõe fronteiras, expressa e dialoga com diferentes culturas, idiomas e paisagens de cada povo, possibilita o contato e troca de experiências, forma consenso e abre portas, podendo flexibilizar as relações entre as pessoas e países para uma postura aberta e receptiva aos novos conceitos de integração e proteção da humanidade.

Inegável, portanto, que se ingressa em uma fase de maturação visto que nem sempre foi assim, ou seja, toda concepção humana de desenvolvimento foi construída em cima de uma visão antropocêntrica. Contudo, o homem nesse período sequer imaginava um dia estar diante de discussões sobre uma sociedade complexa e os desafios que a pesquisa e do desenvolvimento demandam nas construção e manutenção das relações socioambientais, o que lhe impõe a necessária autoreflexão, pois “muitos muros mentais terão de cair, dado que a

¹¹⁹ LEITE, José Rubens Morato; CAETANO, Matheus Almeida. A aproximação à sustentabilidade material no estado de direito ambiental brasileiro. In: ARAGÃO, Alexandra et al. *Agrotóxicos: a nossa saúde e o meio ambiente em questão: aspectos técnicos, jurídicos e éticos*. Florianópolis: FUNJAB, 2012. p. 350-351.

¹²⁰ SOLLA, José (Org.). *Relatório de sustentabilidade da Rio + 20*. Brasília, DF: FUNAG, 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/relatorio-rio-20/1.-relatorio-rio-20/at_download/relatorio_rio20.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹²¹ Ibid.

cultura da insaciabilidade é autofágica e se destrói, como atesta o perecimento de várias civilizações”¹²².

Entretanto, sabe-se que toda construção, assim como é no direito e na ciência, está baseada na observação, tentativa e erros. Tal entendimento, deve ser compreendido na lógica da proteção e construção do bem-estar para toda a sociedade, ou seja, ainda que voltada para o homem, compreendido como o centro de preocupações, deve estar em consonância com o conjunto de princípios e regras vigentes. Nesse contexto, deverá acompanhar a evolução das relações humanas, seja regulando, compensando ou mitigando, e nesse sentido, “o saber jurídico pode e deve ser iluminado pela luz de outros saberes que contribuem para a consolidação do respeito ao mundo natural e para a limitação das atitudes antropocêntricas, sabidamente danosas ao equilíbrio ecológico”¹²³. Igualmente, perpassa por um processo de planejamento, de informação, educação e participação coletiva na tomada de decisões.

Assim, sendo considerada a hipercomplexidade da civilização, a sustentabilidade se instrumentaliza mediante políticas públicas e privadas voltadas ao desenvolvimento com qualidade de vida, atendendo aos preceitos constitucionais, desenvolvendo-se meios de controle e avaliação de riscos que são produzidos no atual contexto da sociedade contemporânea. Ademais, o atual modelo de produção de bens e serviços deve respeitar, preservar e conservar as fontes de recursos naturais renováveis e não renováveis, para não sucumbir a uma crise socioambiental¹²⁴.

Mormente, os modelos de produção e consumo exacerbado necessitam da busca e encontro de critérios ecoeficientes e sustentáveis, bem como freios que o direcionem, subjungando os males contemporâneos “subproduto dessa cultura de insaciabilidade patrimonialista, que salta de desejo em desejo, no enalço do nada”¹²⁵, impondo, portanto, uma reformulação dos atuais padrões.

A economia internacional também exerceu importante papel nesse processo, impondo novos conceitos e critérios de qualidade na fabricação de produtos manufaturados, segundo a nova consciência ambiental. Na prática, significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso das matérias-primas, água e energia, através de não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo, em especial nanotecnológico.

¹²² FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 27.

¹²³ MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 117.

¹²⁴ BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 138.

¹²⁵ FREITAS, op. cit., p. 27.

Para alcançar tais objetivos, requer-se a promoção contínua da disseminação da informação e transferência de conhecimento, nos termos da Política Nacional de Educação Ambiental, Lei nº. 9.795/99¹²⁶, voltada para o aumento da conscientização ambiental e formação multidisciplinar das áreas do conhecimento, de estratégias a serem desenvolvidas e apoiadas no desenvolvimento de novas tecnologias, visando à produção mais limpa e minimização de resíduos por gestão e tratamento de resíduos e tecnologia limpa.

A Revolução Nanotecnológica coloca novos desafios para o Direito, público ou privado. O enorme avanço e benefício para a solução de problemas e demandas da humanidade (doenças, fome, degradação ambiental) também significa romper com obstáculos e direcionar o desenvolvimento para caminhos sustentáveis face a relevância da produção de riscos e perigos em escala nanométrica. Segundo relatório de subsídios para a problemática do risco e regulação das nanotecnologias, produzido em 2011 pela Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI),

Um dos maiores desafios deste século está, sem qualquer dúvida, representado pelo binômio desenvolvimento-sustentabilidade: desenvolvimento com sustentabilidade. Para que isto se dê, é crucial que busquemos um modelo de gestão que contemple: viabilidade econômica, inclusão com justiça social e equilíbrio ambiental. A nanotecnologia e seus produtos, caso não estejam, deverão, naturalmente, fazer parte íntima desta discussão¹²⁷.

Com o avanço da ciência e a exploração das nanotecnologias, alguns caminhos já são apontados para sua aplicação sustentável. Um exemplo disso são pesquisas científicas voltadas a utilização de rejeitos, tais como subprodutos da agricultura, que revela “caminhos e rotas sustentáveis capazes de reduzir o uso de solventes tóxicos, materiais sintéticos e outros produtos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana e de animais”¹²⁸, o que reforça o papel fundamental das políticas de manejo de (nano)resíduos por meio da logística reversa para a

¹²⁶ Art. 3º, “inc. I: É dever do Poder Público incorporar a dimensão ambiental nas políticas públicas”. BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹²⁷ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 17. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹²⁸ EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Nanotecnologia verde provoca revolução sustentável na agricultura*. Brasília, DF, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

construção de programas de gerenciamento de riscos e melhoria na qualidade ambiental, consequentemente da vida humana¹²⁹.

Assim, com essa nova realidade oriunda do crescimento econômico de países emergentes, da população mundial, do capitalismo, da mão de obra e particularmente do avanço da tecnologia e da ciência, são necessárias algumas alternativas para dar maior efetividade à sustentabilidade no uso das novas tecnologias, de forma natural e em equilíbrio com o meio ambiente, seja ele em seu sentido mais amplo ou mais específico.

[...] Há um diálogo sem fim entre indivíduo, sociedade e Estado, que, no contexto contemporâneo, tem novos elementos incorporados, especialmente em razão de uma nova gama de direitos fundamentais de terceira dimensão, os quais consolidam o princípio da solidariedade no plano jurídico-normativo, impulsionando uma nova feição para o Estado de Direito e reforçando a responsabilidade e participação ativa dos atores privados na consecução dos objetivos e valores jusfundamentais¹³⁰.

Esse reconhecimento, ladeado ao impacto nas transformações socioambientais que as nanotecnologias podem causar, revela a preocupação voltada para a construção de instrumentos jurídicos de tutela, aptos a garantir a dupla dimensão (individual e coletiva) normativa do direito (e dever) fundamental ao meio ambiente¹³¹, que constitui também alternativa efetiva ao desenvolvimento sustentável.

2.1.3 A Tutela Ambiental no Cenário Nacional: Um Modelo para Lidar com as Nanotecnologias?

A sociedade contemporânea em que pese esteja associada a uma realidade que acentua aspectos da “pluralidade social, da complexidade, dos paradoxos e dos riscos”¹³², permanece presa à noção do Estado Social, intervencionista e prestador de direitos sociais, no qual a tutela jurisdicional ambiental passa a ser um direito efetivo do cidadão. Contudo, o Direito

¹²⁹ Por outro lado, na escala macro, a “inclusão de práticas de sustentabilidade ambiental na gestão logística ainda ocorre de forma incipiente e, na maior parte das vezes, como resposta às exigências legais. Poucas empresas percebem o potencial econômico e social da consolidação de estratégias e implementação de práticas ambientais. XAVIER, Lúcia Helena; CORRÊA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 14.

¹³⁰ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 174.

¹³¹ Para o aprofundamento sobre a dupla perspectiva (subjetiva e objetiva) dos direitos fundamentais e a proteção ambiental, consultar: FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 173-290.

¹³² ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoietico do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 14.

“começa a ficar defasado em relação a uma série de questões importantes da sociedade, em relação a problemas políticos decisivos e, principalmente, daquilo que chamamos de *novos Direitos*”¹³³. Nesta medida, o caminho de acesso ao Poder Judiciário precisa abrir espaços facilitados por meio do desapego ao formalismo para a universalização da tutela ambiental, pois se trata de um direito difuso, ligado a proteção e conservação da vida humana e não humana, consagrado como um direito constitucional fundamental¹³⁴.

Por isso, toda interpretação a ser feita em relação à utilização das técnicas ambientais relativas ao acesso à justiça, especialmente as relacionadas com o poder de agir e de requerer a tutela jurisdicional ao longo da cadeia processual, deve ser vista sob o postulado de que, nas lides ambientais, o acesso à justiça deve ser alargado e jamais restringido¹³⁵.

Por esse motivo, no Brasil, o STJ julgou que em matéria de responsabilidade civil ambiental não há excludente por conta do risco econômico, já que o explorador se coloca na posição de garantidor da preservação ambiental¹³⁶. Portanto, a ideia do risco, seja ele, concreto ou abstrato, é um modelo de se pensar a regulação das nanotecnologias¹³⁷, fundamental no processo democrático, pois tudo que envolva uma discussão jurídica acerca da segurança e preservação da saúde humana e garantia da efetividade do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impõe a ação do Poder Público, que deve assegurar e dar efetividade a esse direito. Daí a necessidade de exigir, na forma da Lei, o estudo prévio de impacto ambiental (art. 225, § 1º, IV, da CF), do contrário estar-se-ia afrontando a Constituição Federal de 1988.

[...] A incerteza associada ao risco confronta as autoridades públicas com uma necessidade de ponderação que sopesa o grau de (im)previsibilidade do evento lesivo, o grau de lesividade e o valor dos bens jurídicos afetados

¹³³ ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoietico do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 15.

¹³⁴ RODRIGUES, Marcelo Abelha. *Processo civil ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011. p. 89-92.

¹³⁵ *Ibid.*, p. 92.

¹³⁶ BRASIL. Supremo Tribunal de Justiça. *Acórdão embargos de declaração no recurso especial nº. 1346430/PR*. Embargante: Petróleo Brasileiro S/A Petrobras. Embargado: Odair José Do Nascimento Dias. Relatório: Luis Felipe Salomão, 4ª Turma. Brasília, DF, julgamento: 05 de fevereiro de 2013. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/revistaelectronica/Abre_Documento.asp?sSeq=1206477&sReg=201102230797&sData=20130214&formato=PDF>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹³⁷ As nanotecnologias prospectam a produção de equipamentos e produtos que estão em torno da escala de 1 a 100 nanômetros (nm), ou seja, 10⁻⁹ de ordem de grandeza. ENGELMANN, Wilson. *Direitos bio-humanos-éticos: os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias*. Trabalho publicado nos Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI realizado em Fortaleza - CE em 2010. p. 656. Disponível em: <<http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

pela decisão, constituindo um elemento de perturbação da tomada de decisão pública¹³⁸.

Na ausência de marcos regulatórios das nanotecnologias, imperioso cada vez mais “pensar respostas jurídicas que, ao mesmo tempo garantam os avanços científicos, promovam a canalização dos resultados ao atendimento de necessidades humanas, dentro de um quadro de segurança”¹³⁹. Delineia-se assim, a tendência natural da jurisprudência nacional reforçar o art. 225 da Constituição Federal, que consagrou como obrigação do Poder Público: a defesa, preservação e garantia de efetividade do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Modo pelo qual a tutela judicial atribui maior efetividade ao princípio do desenvolvimento sustentável, dispondo que o meio ambiente ecologicamente equilibrado deve ser preservado para as presentes e futuras gerações, na medida em que se fundamenta numa política ambiental que não bloqueia o desenvolvimento econômico, porém, sedimenta a necessidade de uma gestão racional dos recursos naturais, para que a sua exploração atenda à necessidade presente sem exauri-los ou comprometê-los para as gerações futuras.

Com efeito, a proteção do meio ambiente¹⁴⁰ não constitui óbice ao avanço tecnológico, pois está pautada no conceito de desenvolvimento sustentável. Tampouco se restringe ao meio natural, mas também compreende o meio ambiente artificial, cultural e do trabalho. Assim, a questão está, particularmente, em assegurar um grau mínimo de gerenciamento sobre os riscos e potenciais efeitos produzidos pelas nanotecnologias, de tal forma que não comprometa sua resiliência¹⁴¹, já que a Constituição Federal atribuiu-lhe o “status de direito fundamental (formal e materialmente) do indivíduo e da coletividade, reconhecendo posições jurídicas subjetivas ‘justificáveis’ dele decorrentes, bem como consagrou a proteção ambiental como um dos objetivos ou tarefas mais importantes do Estado de Direito brasileiro”¹⁴².

¹³⁸ GOMES, Carla Amado. *Direito ambiental: o ambiente como objeto e os objetos do direito do ambiente*. Curitiba: Juruá, 2010. p. 84.

¹³⁹ ENGELMANN, Wilson. *Direitos bio-humano-éticos: os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias*. Trabalho publicado nos Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI realizado em Fortaleza - CE em 2010. p. 656. Disponível em: <<http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁴⁰ A Lei 6.938/81, no artigo 3º, inciso I tratou de conceituar o meio ambiente como sendo: um conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. 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/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹⁴¹ Para maior aprofundamento consultar: CARVALHO, Délton Winter de; DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. *Direito dos desastres*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 59-62.

¹⁴² FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 29.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, as políticas têm de se basear no princípio da precaução. As medidas ambientais devem prever, evitar e atacar as causas da degradação ambiental. Onde houver ameaça de danos graves ou irreparáveis, a inexistência de uma plena certeza científica não deve ser usada como pretexto para se adiarem medidas que visem a prevenir a degradação ambiental¹⁴³.

No Brasil, a Lei nº 6.938/81 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente prevê o licenciamento ambiental¹⁴⁴ como instrumento de gestão ambiental, visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua. E a resolução CONAMA nº 237/97¹⁴⁵, vem a regulamentar os aspectos do licenciamento. A resolução consigna que os empreendimentos capazes de gerar degradação ambiental, seja por meio de qualquer forma, dependerão do deferimento do licenciamento prévio junto às autoridades ambientais, sem prejuízo de outras medidas¹⁴⁶.

No passado, a ação humana, além de deter um poder limitado, tinha uma natureza temporal imediata ou presente (aqui e agora!), não repercutindo os seus efeitos e consequências para uma dimensão temporal futura. No entanto, hoje a relação de causa e consequência (ou efeito) vinculada à ação humana, principalmente no que tange a interações no ambiente, tem uma natureza acumulativa e projetada para o futuro. Muitas das ações humanas perpetradas hoje (como o uso de determinadas tecnologias) só poderão ser devidamente compreendidas com relação às suas possíveis consequências num momento futuro¹⁴⁷.

¹⁴³ D'ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14001*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 65.

¹⁴⁴ O licenciamento ambiental, nos termos da Resolução 237/97, é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (art. 1º, inciso I). 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/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁴⁵ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁴⁶ O Art. 2º da Resolução 237/97 dispõe que: “A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. §1º Estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e as atividades relacionadas no anexo 1, parte integrante desta Resolução. § 2º Caberá ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e a complementação do anexo 1, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade”. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁴⁷ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 59.

Notadamente as exigências protetivas à luz da prevenção, precaução e informação estão e perfeita sintonia com a Política Nacional do Meio Ambiente e não pode ser considerado um entrave ou confronto ao desenvolvimento econômico, até porque o objetivo da PNMA visa justamente assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico (Art. 2º, Lei 6.938/81). Outrossim, na “perspectiva sistêmica autopoietica, a licença ambiental – objetivo e decisão da qual resulta o licenciamento ambiental – constitui um acoplamento estrutural entre os sistemas político, jurídico, econômico e ecológico”¹⁴⁸.

Os conceitos embora tencionados devem ser ancorados aos preceitos e princípios constitucionais na melhor medida, dando novos contornos ao processo civilizatório complexo, sem com isso comprometer ou retroagir diante dos avanços já alcançados na tutela ambiental, considerada sua dimensão de direitos fundamentais¹⁴⁹, “último dos refúgios do sagrado e a base de um consenso mínimo sem o qual a vida social seria impossível”¹⁵⁰.

Todo o avanço e desenvolvimento tecnológico contribuem de fato para o retroalimento a economia e desenvolvimento do país, de outra banda, também para a degradação do ser humano e não-humano, ignorando a existência de malefícios, relegando-os a suportar seus efeitos cumulativos em nome do progresso¹⁵¹.

Como parte desse processo, “o direito ambiental objetiva é proteger, promover e evitar a degradação do ambiente, portanto, intensamente deve coibir a retrogradação que representa uma violação dos direitos humanos, e uma transgressão a direitos fundamentais”¹⁵².

A extensão, quantitativa e qualitativa, do risco obrigou as autoridades públicas a assumir novas tarefas. O que antes se resolvia num plano quase puramente privativo (através da realização de contratos de seguros), passou depois a ter regulação pública com a criação legislativa da (especial) responsabilidade pelo risco, para hoje obrigar a uma intervenção ativamente do Legislativo, e sobretudo do Executivo. Ou seja, de um nível preponderantemente privado, o risco evoluiu para cenários que forçaram uma crescente intervenção pública, primeiro numa lógica *ex post*, de

¹⁴⁸ ROSA, Patrícia Silveira da. *O licenciamento ambiental à luz da teoria dos sistemas autopoieticos*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2009. p. 101.

¹⁴⁹ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 30.

¹⁵⁰ OST, François. *O tempo do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 94.

¹⁵¹ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 162, 2015.

¹⁵² MOLINARO, Carlos Alberto. *Direito ambiental: proibição de retrocesso*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007. p. 67-68.

responsabilização, depois (também e primordialmente) numa lógica *ex ante*, de prevenção¹⁵³.

Nessa linha, todas as implicações relacionadas as nanotecnologias e a produção de seus resíduos - resultados da sociedade tecnocientífica - devem ser considerados e amplamente debatidas, uma vez que os “artefatos nanotecnológicos colocam questões éticas, ambientais, regulatórias e trabalhistas muito mais agudas e complexas do que as resultantes de tecnologias tradicionais, já consolidadas ao longo de trajetórias de controvérsias e ajustes regulatórios”¹⁵⁴.

Por essa razão, não obstante já se tenha delineado o panorama do desenvolvimento sustentável e da tutela ambiental, levando-se em conta o debate nanotecnológico, faz-se imperativo estabelecer uma abordagem sobre os resultados da sociedade tecnocientífica, de modo a demonstrar a configuração do novo cenário de desenvolvimento e dos desafios que o Direito passa a enfrentar a partir da necessidade de desenvolver meios de lidar com a invisibilidade dos riscos produzidos em escala nanométrica.

[...] Os fundamentos da decisão de risco querem-se, por isso, cada vez mais claros (do ponto de vista da garantia das posições jurídicas subjetivas), enquanto os instrumentos de avaliação e gestão do risco se pretendem cada vez mais versáteis (do ponto de vista da eficácia). Decidir sobre o risco é avaliar e gerir a incerteza *na medida do possível*, mas deve ser ainda decidir. Num quadro de risco generalizado, a resposta das autoridades públicas não pode ser adiada a decisão, mas antes conformar linha de atuação que permitam minimizar o risco, controlar as condições da sua eventual eclosão e criar estruturas que possibilitem neutralizar os seus efeitos lesivos (prevenção, supervisão e neutralização)¹⁵⁵.

Para isso, realiza-se na próxima seção, uma incursão sobre os desdobramentos dos riscos, sua definição e classificação, bem como sua distinção em relação ao perigo, muito embora estejam intimamente interligados.

Dessa maneira, ladeado pela contextualização da complexidade, observa-se também a ambivalência entre benefícios e riscos produzidos pela sociedade tecnocientífica. De mais a mais, a “expressão mais marcante do aumento dos artefatos à nossa disposição diária e no nosso entorno é a produção de lixo de qualquer espécie”¹⁵⁶. Isso também faz com que seja

¹⁵³ GOMES, Carla Amado. *Direito ambiental: o ambiente como objeto e os objetos do direito do ambiente*. Curitiba: Juruá, 2010. p. 85-86.

¹⁵⁴ MATTEDI, Marcos Antônio; MARTINS, Paulo R.; PREMEBIDA, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. *Pensamento Plural*, Pelotas, ano 5, n. 9, p. 118, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/pensamentoplural/article/view/3630/2966>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁵⁵ GOMES, op. cit., p. 87.

¹⁵⁶ BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 23.

necessário discorrer sobre os possíveis impactos da produção de resíduos (nano)tecnológicos e a necessidade da ampliação dos estudos em (nano)toxicologia como aporte para o desenvolvimento seguro das nanotecnologias - “no mundo do imprevisível, onde a trajetória linear está sendo substituída pelos saltos quânticos, em que algo é necessariamente assim, mas também poderia ser diferente”¹⁵⁷.

Toda essa incursão passa a ser feita paralelamente ao recorte e leitura à luz dos princípios ambientais da prevenção, precaução e informação, para então, posteriormente, estabelecer um horizonte próprio onde seja possível descrever uma direção de (im)possibilidade de compatibilização entre Direitos, Inovação e Tecnologia. Nas palavras de Brüseke: “Entre o progresso e a autodestruição necessários abre-se o campo da reflexão e da comunicação social e, finalmente, a chance de um agir diferente”¹⁵⁸.

¹⁵⁷ BRÜSEKE, Franz Josef. *A modernidade técnica: contingência, irracionalidade e possibilidade*. Florianópolis: Insular, 2010. p. 40.

¹⁵⁸ *Ibid.*, p. 41.

3 NANOTECNOLOGIAS E RESÍDUOS: RESULTADOS DA SOCIEDADE TECNOCIENTÍFICA

[...] qualquer tecnologia per se não é nem boa nem má; entretanto, também nunca é neutra em termos socioeconômicos e seu caráter ou resultado dependerá do ‘pacto social’ que orientou seu desenvolvimento e uso¹⁵⁹.

Em linhas gerais, entende-se por globalização como sendo a “designação genérica de processos de distintas naturezas que perpassam diversas áreas da vida social”¹⁶⁰, tendo como característica marcante “à compreensão tempo-espaço e à crescente interdependência entre nações e sociedades em um mundo cada vez menor”¹⁶¹. Surge, “antes de tudo, no âmbito do capitalismo financeiro para então repercutir e ganhar cores próprias nas relações intersubjetivas, intergrupais e interestaduais na contemporaneidade”¹⁶². Trata-se, portanto, de “intensos fluxos de capital, bens, informações e pessoas”¹⁶³, fenômeno marcado pela superação das fronteiras territoriais e capitaneado por “novas dimensões de atividades, além da econômica: tecnológica, organizacional, administrativa e legal, entre outras”¹⁶⁴.

As relações criadas “por intermédio dos meios eletrônicos quebraram a diferença radical entre tempo e espaço”¹⁶⁵, pois “foram as novas técnicas de informação e sua disponibilidade prática”¹⁶⁶, enaltecida como a fonte do futuro, “que permitiram a incorporação desses avanços à vida cotidiana”¹⁶⁷. Assim, a tecnologia “se alimenta a si própria, numa espécie de autopoiese fantástica”¹⁶⁸, representa a manifestação de um desenvolvimento material e intelectual, alavancado pelo avanço do conhecimento científico e convergente para o progresso da humanidade, sendo que a partir do máximo rendimento, reproduz e se difunde

¹⁵⁹ DALCOMONI, Sônia Maria. Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo, Xamã, 2006. p. 63.

¹⁶⁰ BARRETTO, Vicente de Paulo (Coord.). *Dicionário de filosofia do direito*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 380.

¹⁶¹ BERNARDES, Márcia Nina. Globalização. In: BARRETTO, Vicente de Paulo (Coord.). *Dicionário de filosofia do direito*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 380.

¹⁶² BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 223.

¹⁶³ *Ibid.*, p. 380.

¹⁶⁴ *Ibid.*, p. 381.

¹⁶⁵ BARROS, Octavio de; GIAMBIAGI, Fabio (Org.). *Brasil globalizado: o Brasil em um mundo surpreendente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 14.

¹⁶⁶ *Ibid.*, p. 14.

¹⁶⁷ *Ibid.*, p. 14.

¹⁶⁸ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 350.

exponencialmente, quase que imperceptivelmente aos olhos da humanidade¹⁶⁹. Seus benefícios e malefícios não são ignorados, mas experimentados pela sociedade que, paralelamente, abre o debate sobre os impactos sistêmicos ocultos pelo desenvolvimento econômico, dentre eles a potencialidade de riscos oriundo do descarte de material (nano)tecnológico.

Nessa quadra da evolução técnica e humana, “embora as nanotecnologias, pela sua grande gama de possibilidades, dê a impressão que o ser humano possa construir um novo mundo, há determinadas premissas básicas, muitas delas fornecidas pela experiência da história humana, que não poderão ser descuidadas”¹⁷⁰. Fundamentalmente, “desenvolvimento científico e tecnológico deverão focar-se em questões de ordem pública, notadamente no respeito aos Direitos (dos) Humanos, sem o qual nenhuma nova tecnologia deveria ser instalada no Estado Contemporâneo”¹⁷¹. O proclama nº 3 da Conferência da ONU sobre Meio Ambiente já apregoava que

[...] a capacidade do homem de transformar o que o cerca, utilizada com discernimento, pode levar a todos os povos os benefícios do desenvolvimento e oferecer-lhes a oportunidade de enobrecer sua existência. Aplicado errônea e imprudentemente, o mesmo poder pode causar danos incalculáveis ao ser humano e a seu meio ambiente. Em nosso redor vemos multiplicar-se as provas do dano causado pelo homem em muitas regiões da terra, níveis perigosos de poluição da água, do ar, da terra e dos seres vivos; grandes transtornos de equilíbrio ecológico da biosfera; destruição e esgotamento de recursos insubstituíveis e graves deficiências, nocivas para a saúde física, mental e social do homem, no meio ambiente por ele criado, especialmente naquele em que vive e trabalha¹⁷².

Uma “crise de civilização”¹⁷³ vem sendo observada quatro décadas antes, quando então já se observava que a capacidade do homem em transformar o que a cerca poderia ter resultados positivos ou negativos dependendo da forma de utilização do conhecimento e da técnica. Aliás, mesmo que considerado os benefícios (nano)tecnológicos isoladamente, ainda assim, os resultados são *a priori* soluções, mas no futuro pode representar a existência de

¹⁶⁹ PINTO, Álvaro Vieira. *O conceito de tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. p. 267-269.

¹⁷⁰ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 308-309.

¹⁷¹ ENGELMANN, Wilson. *Resistir à desumanização, responsabilizar os atores envolvidos e antecipar os riscos vindouros: desenhando os limites e as possibilidades para as nanotecnologias*. [S.l.]. 2013. Disponível em: <http://actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/pn/PN12/P_Engelmann.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015. p. 1.

¹⁷² NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da conferência de ONU no ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁷³ LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Apresentação. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do (Org.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p. 11.

danos inimagináveis e irreversíveis ao ser humano e ao meio ambiente, portanto sob qualquer ponto de observação, sempre há um risco.

Essa abordagem justifica a retomada de ações concretas e não apenas discursivas e hipotéticas sobre os efeitos do descarte de resíduos urbanos, industriais e tecnológicos no meio ambiente. Como demonstra a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, tratando-se de uma “tecnologia emergente, a nanotecnologia ainda não tem um histórico importante relativamente a tais aspectos, o que determina a necessidade de estudos experimentais intensivos”¹⁷⁴.

Deve-se reconhecer, particularmente no uso e descarte de (nano)tecnologias, que atrelado a todo conhecimento e avanços, existe a probabilidade de danos à saúde humana e não humana. Salienta-se que a “expectativa é de que a difusão de novos produtos baseados em nanotecnologia impacte fortemente a produção de bens manufaturados nos próximos seis anos”¹⁷⁵. Isso significa que a indeterminação do efeito nocivo dos resíduos (nano)tecnológicos deve ser considerada para garantir a segurança no uso e descarte, pois pode se estender no tempo de “forma direta nas condições existenciais das futuras gerações, com a degradação e poluição ambiental aumentando de forma cumulativa para o futuro”¹⁷⁶ caso não haja uma atuação no presente para a formação de estratégias de gerenciamento de riscos compatíveis com as novas tecnologias, que inclua o estudo do ciclo de vida dos produtos nanotecnológicos.

Em tempos de globalização tudo está conectado, entretanto, o ser humano exerce um comportamento permissivo, voltado à satisfação de seus interesses individuais, e despreocupado, alheio às consequências do uso e descarte de produtos a longo prazo, como se indefinidamente não repercutisse na sua esfera privada ou coletiva, seja na presente ou nas futuras gerações.

O Brasil apresentar um grande número de produtos nanotecnológicos no mercado de consumo, sendo que a inserção e o fomento para o consumo desses produtos utilizam grandes “campanhas publicitárias ou releases das empresas”¹⁷⁷. Sendo assim, os efeitos e reflexos do descarte invisível remete a sociedade à necessidade de dialogar sobre a percepção dos riscos oriundos dessa tecnologia ainda desconhecida, confrontando os reflexos da cultura do

¹⁷⁴ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília, DF, 2010. p. 32. Disponível em <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁷⁵ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Panorama nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 30. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁷⁶ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 91.

¹⁷⁷ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI), op. cit., p. 33.

consumo exacerbado com os níveis de exposição, pois não se pode prever quais os resultados da acumulação no solo, na água e no ar ao longo do tempo. Nesse sentido a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial alerta que

Os resultados obtidos, notadamente nos três últimos anos, a despeito da ausência de padrões consensuais (nanometrologia), têm permitido a várias agências internacionais, organizações e governos a elaboração de recomendações, normas e procedimentos para tratar destas questões¹⁷⁸.

Não se sabe exatamente qual o impacto das nanopartículas na saúde humana e no meio ambiente, o que remete novamente ao dever da prevenção, precaução, informação e educação, viabilizando o processo de participação da coletividade junto ao poder público nas discussões e definições sobre informação, normatização de circulação e identificação de produtos nanos, conforme previsto nos princípios 10, 18 e 19 da ECO-92, já que a “questão tecnológica é antes de tudo social e política, mais que científica”¹⁷⁹.

Vale lembrar a “ideia de que o comportamento das pessoas é, em grande parte, produto das condições físicas e sociais nas quais elas vivem e se desenvolvem”¹⁸⁰. Em outras palavras: “[...] qualquer tecnologia per se não é nem boa nem má; entretanto, também nunca é neutra em termos socioeconômicos e seu caráter ou resultado dependerá do ‘pacto social’ que orientou seu desenvolvimento e uso”¹⁸¹.

No passado, a ação humana, além de deter um poder limitado, tinha uma natureza temporal imediata ou presente (aqui e agora!), não repercutindo os seus efeitos e consequências (sic) para uma dimensão temporal futura. No entanto, hoje a relação de causa e consequência (ou efeito) vinculada à ação humana, principalmente no que tange a interações no ambiente, tem uma natureza acumulativa e projetada para o futuro. Muitas das ações humanas perpetradas hoje (como o uso de determinadas tecnologias) só poderão ser devidamente compreendidas com relação às suas possíveis consequências num momento futuro¹⁸².

¹⁷⁸ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília, DF, 2010. p. 32. Disponível em <[http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20 nanotecnologia.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁷⁹ NOVAES, Washington. *Eco-92: avanços e interrogações*. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 93, 1992, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v6n15/v6n15a05.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2015.

¹⁸⁰ JAMIESON, Dale. *Ética e meio ambiente: uma introdução*. São Paulo: Senac São Paulo, 2010. p. 17.

¹⁸¹ DALCOMUNI, Sônia Maria. Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. P. 63.

¹⁸² FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 58-59.

Embora o ser humano tenha progredido sistematicamente no tratamento de questões ambientais, sejam por meio de reflexões, aparatos tecnológicos, políticas públicas e regulamentações, certamente caminha ainda para uma longa e incansável busca até o amadurecimento de determinados temas que o cercam. Segundo Bragato “já se constatou que aquilo que ontem era ficção científica, hoje é realidade. Assim estamos diante de possíveis ou prováveis aplicações de descobertas que terão impactos diretos e sem precedentes no meio-ambiente, no corpo e na mente humanas¹⁸³. Nesse mesmo sentido, Leff aduz que “a ficção instalou-se no próprio corpo da ciência, diluindo seu poder preditivo, mostrando que a incerteza e o caos são condições intrínsecas e inelutáveis da ordem do mundo, do homem e da natureza”¹⁸⁴.

Todo o avanço e desenvolvimento tecnológico contribui de fato para o retroalimento da economia e desenvolvimento do país, de outra banda, também para a degradação do ser humano, ignorando a existência de malefícios, relegando-os a suportar seus efeitos cumulativos em nome do progresso. Ou seja, “a vulnerabilidade da natureza provocada pela intervenção técnica do homem – uma vulnerabilidade que jamais fora pressentida antes que ela se desse a conhecer pelos danos já produzidos”¹⁸⁵.

O mesmo ocorre atualmente com a manipulação em escala nanométrica que “lança uma sombra que não é menos sinistra pelo fato de ser informe e obscura, não é menos assustadora por ser simplesmente impossível prever os efeitos da exposição”¹⁸⁶. Portanto, transitamos por um terreno totalmente novo, surpreendente, contudo desconhecido, onde os estudos sobre os impactos sociais e ambientais são insuficientes, sem qualquer resultado decisivo de investigações toxicológicas tendo em conta o uso e tratamento dessas nanopartículas, quanto mais o “risco de alcançarem os diferentes compartimentos ambientais (atmosfera, águas e solo)”¹⁸⁷.

A toxicologia dos resíduos sintetizados pelo homem ainda é considerada um desafio para a ciência, uma vez que “nenhum organismo se desenvolveu na natureza para decompô-los e torná-los inofensivos”¹⁸⁸. Muito embora a nanotoxicologia - uma subárea da nanotecnologia considerada emergente - estude a “interação de nanoestruturas com sistemas

¹⁸³ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Paraná: Honoris Causa, 2011. p. 22.

¹⁸⁴ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 68.

¹⁸⁵ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 39.

¹⁸⁶ CARSON, Rachel. *Primavera silenciosa*. São Paulo, Gaia. 2010. p. 162.

¹⁸⁷ PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁸⁸ MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limites do crescimento: a atualização de 30 anos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. p. 114.

biológicos, com ênfase na elucidação da relação entre as propriedades físicas e químicas (por exemplo, tamanho, forma, química de superfície, composição e agregação) de nanoestruturas induzido respostas biológicas tóxicas”¹⁸⁹, os recursos financeiros destinados a esse tipo de pesquisa, ou seja, de avaliação e aprofundamento do potencial risco de contaminação pelos efeitos adversos da toxicidade e ecotoxicidade das nanopartículas sobre a saúde humana e ambiental, ainda são pequenos e incipientes¹⁹⁰ “quando comparados com os disponíveis para a produção de conhecimentos relativos a processos e produtos nanotecnológicos”¹⁹¹.

Inicialmente, a preocupação se volta para a segurança e a saúde dos trabalhadores diretamente expostos e envolvidos com a produção industrial, em que pese os efeitos nocivos sejam indeterminados e desconhecidos pelo conhecimento científico atualmente disponível, muito embora seja possível presumi-los em face das particularidades das nanopartículas¹⁹². Por conseguinte, os diálogos e reflexões transcendem e alcançam o meio ambiente em sentido amplo, nele compreendido o homem. Como resultado se identifica a carência e a necessidade de desenvolver amplos estudos sobre os “possíveis impactos da utilização da nanotecnologia sobre as condições de saúde, trabalho e vida dos trabalhadores e os reflexos desse impacto no meio ambiente, nos sindicatos e na sociedade em geral”¹⁹³. De fato, torna-se imperativo a construção de “metodologias de controle dos subprodutos advindos dos processos de produção, de forma a não se ter contaminações no ambiente e possíveis impactos na saúde, propiciando, também, que os gestores da saúde tenham condições de atuarem somente com os benefícios tecnológicos”¹⁹⁴.

¹⁸⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 22. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹⁰ PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹¹ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 53.

¹⁹² GÓES, Maurício. *Direito do trabalho nanotecnológico: da prevenção e da precaução à proposição de respostas protetivas (adequadas) ao trabalho humano num meio ambiente de trabalho afetado pelos riscos desconhecidos e futuros*. 2014. f. 186. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/000012/00001235.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹³ BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Fundacentro estuda impacto da nanotecnologia no trabalhador*. São Paulo, 02 jun. 2008. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/imprensa/fundacentro-estuda-impacto-da-nanotecnologia-no-trabalhador.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹⁴ 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. 352, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n2/v36n2a24.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Destaca-se que o princípio 6 da Declaração de Estocolmo¹⁹⁵ faz referência a preocupação com as medidas de segurança relacionadas à degradação do meio ambiente em razão de substâncias tóxicas, “porquanto não há sociedade que possa subsistir, qualquer que seja seu nível de desenvolvimento, sem as técnicas que criou e sustentam a ação do homem sobre a natureza nas condições produtivas existentes”¹⁹⁶. Isso justifica reafirmar que é “indispensável cooperar para controlar, evitar, reduzir e eliminar eficazmente os efeitos prejudiciais que as atividades que se realizem em qualquer esfera, possam ter para o meio ambiente”¹⁹⁷.

Nesse debate, os “expressivos investimentos na pesquisa e na aplicação industrial das nanotecnologias objetivam a criação de produtos mais leves, eficientes, inteligentes, com grande poder atrativo de consumidores”¹⁹⁸. Com isso, torna-se extremamente relevante a perspectiva de análise sobre a produção de resíduos (nano)tecnológicos, já que existe uma enorme dificuldade da ciência determinar qual a segurança dos nanomateriais¹⁹⁹ devido à limitação de estudos nesse aspecto, enquanto que no “mercado global, a produção total anual de nanomateriais é estimada em cerca de 11 milhões de toneladas, representando um valor de mercado de aproximadamente 20 bilhões de euros”²⁰⁰.

Segundo as informações do Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes (PEN), a relação atualizada do inventário de produtos nanotecnológicos contém 1.628 produtos de consumo já introduzidos no mercado comercial desde 2005, o que representa um aumento de 24 por cento

¹⁹⁵ Princípio 6. Deve-se por fim à descarga de substâncias tóxicas ou de outros materiais que liberam calor, em quantidades ou concentrações tais que o meio ambiente não possa neutralizá-los, para que não se causem danos graves e irreparáveis aos ecossistemas. Deve-se apoiar a justa luta dos povos de todos os países contra a poluição. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da Conferência de ONU no ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹⁶ PINTO, Álvaro Vieira. *O conceito de tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. p. 267.

¹⁹⁷ NAÇÕES UNIDAS, op. cit.

¹⁹⁸ ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andréa. O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos. *Pensar: Revista de Ciências Jurídicas*, Fortaleza, DF, v. 17, n. 2, p. 675-676, jul./dez. 2012. Disponível em: <http://www.unifor.br/images/pdfs/Pensar/v17n2_artigo13.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁹⁹ No que se refere aos materiais e substâncias, costumamos chamar estas entidades de nanomateriais ou sistemas nanoengenheirados “[...] os nanomateriais podem ser produzidos, de forma deliberada, por certos processos químicos ou físicos (produção botton-up), criando materiais com propriedades que não aparecem em sua macroescala (bulk). Os nanomateriais podem também ser produzidos através de processos de manufatura, tais como moagem ou trituração (produção top-down), gerando partículas de tamanho nano que podem, ou não, ter propriedades diferentes daquelas dos materiais bulk que lhes deram origem. De modo geral, admitem-se como nanomateriais, aqueles materiais que foram produzidos por processos sintéticos ou de manufatura, ou seja: foram “intencionalmente produzidos”. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 9. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

²⁰⁰ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 12. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

desde a última atualização em 2010²⁰¹. Os nanomateriais já identificados e inventariados são: o óxido de alumínio, Bismuto, Boro, Cálcio, Carbono, Nanotubos de carbono, Cera de carnaúba, Nanofibras de celulose, Cerâmica, Óxido de cério, Chromium, Argila, Cobalto, Cobre, Fulereo, Gálio, Ouro, Grafeno, Grafite, Iodo, Iridium, Ferro, Lítio, Magnésio, Manganês, Nanocelulose, Níquel, Paládio, Platina, Polímero, Retinol, Selênio, Silício, Dióxido de silício, Prata, Titânio, Dióxido de titânio, Zeólito, Óxido de zinco, Zirconia, e outros²⁰².

Em pesquisa mais recente, publicada em 21 de agosto de 2015, descreve-se que foram entrevistados 68 peritos nanotecnologia para avaliar as necessidades de informação-chave, sendo que suas respostas guiaram as modificações do inventário, fornecendo um quadro conceitual claro e mais adequado. O inventário revisto foi lançado em outubro de 2013, lista atualmente 1.814 produtos de consumo e 622 empresas em 32 países. A categoria Saúde e Esporte contém a maioria dos produtos (762, ou 42% do total). Prata é o nanomaterial mais frequentemente utilizado (435 produtos, ou 24%). No entanto, 49% dos produtos (889) incluído no inventário não informam a composição do nanomaterial usado. Cerca de 29% do inventário (528 produtos) contêm nanomateriais, suspensos em uma variedade de meios líquidos e o contato dérmico é o cenário de exposição mais provável da sua utilização. Destaca ainda, que a maioria (1.288 produtos, ou 71%) dos produtos não apresentam suficiente informação de apoio para corroborar a alegação de que os nanomateriais são usados²⁰³. Destaca-se ainda, que os produtos no inventário atualizado também contam com links de informações científicas publicadas, quando disponível, e inclui uma métrica para avaliar a confiabilidade dos dados associados com cada entrada. Por fim, pondera-se que finalmente a ferramenta permite uma maior capacidade de esforços voluntários, que permite aos usuários carregar novas descobertas, tais como informações sobre a composição do produto básico, humano e os dados de exposição ambientais registradas, e avaliações completas do ciclo de vida. Existem limitações inerentes a este tipo de banco de dados, mas as

²⁰¹ THE PROJECT EMERGING NANOTECHNOLOGIES (PEN). *Consumer products inventory: an inventory of nanotechnology-based consumer products introduced on the market*. Washington, out. 2013. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/cpi/>>. Acesso: 24 jul. 2015.

²⁰² O inventário atualizado dos nanoprodutos desenvolvidos para o mercado de consumo e a descrição dos nanomateriais aplicados estão disponíveis para consulta no site do Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes (PEN), podendo ser consultado por nome, categoria, empresa, país e muito mais. Ibid.

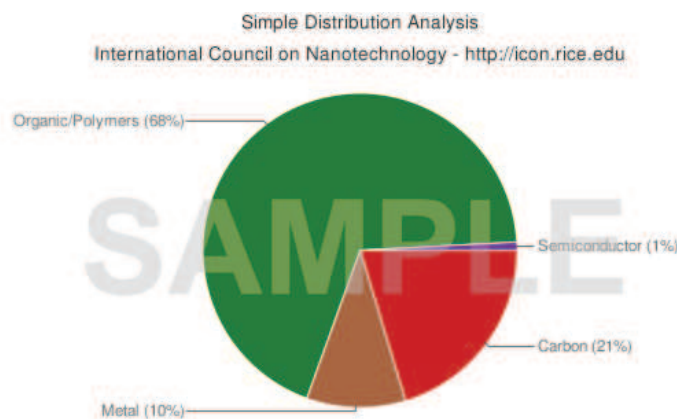
²⁰³ VANCE, Marina E. et al. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventor. *Beilstein J. Nanotechnol.*, [S.l.], n. 6, p. 1769, 2015. Disponível em: <<http://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2015.

melhorias recentes abordam a maioria das questões levantadas na literatura publicada e em pesquisa feita por especialistas em nanotecnologias²⁰⁴.

Muitas são as dúvidas e incertezas, especialmente relacionadas ao período em que ficam ativas e reativas no meio ambiente e sobre níveis seguros de exposição para humanos, pois inexistem uma metodologia ou protocolos e padrões mínimos previamente estabelecidos para avaliar a produção de riscos. Igualmente, complexo demais para “serem isolados ou neutralizados, fisiologicamente os mais difíceis de serem percebidos por nossos sentidos e, econômica e politicamente, os mais difíceis de serem regulados”²⁰⁵.

Inúmeros benefícios são prometidos pelas (nano)tecnologias, sem, contudo, informar e dar publicidade sobre as implicações e potenciais riscos, ou seja, vivemos na era da tecnologia, da informação globalizada, no entanto, a sociedade consumidora permanece desinformada em relação ao que adquire, utiliza e descarta no meio ambiente, sem um controle e gerenciamento adequado (Figura 1). Segundo o Banco de Dados da International Council on Nanotechnology (ICON) entre o ano 2000 e 2015 foram publicados diversos estudos sobre risco ambiental, saúde e segurança, apontando diversas substâncias utilizadas, sendo considerável o percentual de materiais orgânicos e polímeros.

Figura 1 - Base de dados sobre gestão de riscos ambiental, Saúde e Segurança (2000-2015)



Fonte: Conselho Internacional em Nanotecnologia (ICON)²⁰⁶.

A credibilidade das (nano)tecnologias, portanto, exige a consideração sobre segurança e/ou de certezas, dentro do alcance da técnica e consenso científico. Nessa avaliação, deve ser

²⁰⁴ VANCE, Marina E. et al. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventor. *Beilstein J. Nanotechnol.* 2015, 6, 1769–1780. Disponível em: <<http://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2015. p. 1777.

²⁰⁵ MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limites do Crescimento: a atualização de 30 anos.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. p. 113.

²⁰⁶ CONSELHO INTERNACIONAL EM NANOTECNOLOGIA (ICON). *Ferramenta de análise de nano-EHS banco de dados.* [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://icon.rice.edu/report.cfm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

considerado a “investigação sobre a disponibilidade, degradabilidade e toxicidade dos nanomateriais”²⁰⁷, bem como política pública para o controle e fiscalização, bases legais e normativas e meios adequados de conter e gerir os riscos. Ainda, uma relevante consciência ética e comprometida com o resultado da sua aplicação, produção e disposição no mercado, uma visão focada nos riscos que o modelo de desenvolvimento humano impõe pela satisfação das necessidades humanas²⁰⁸. Dessa maneira, ainda que a certeza seja uma busca inalcançável, os produtos lançados no mercado devem “informar o grande público sobre os riscos sanitários e ambientais que tais tecnologias poderão oferecer, embora todos ainda não sejam conhecidos pelos cientistas”²⁰⁹, em respeito ao princípio da informação, mantendo claras as especificações para quem está consumindo, pois implica em situações pós-consumo e na responsabilidade em face dos resíduos (forma adequada de seu descarte).

A “ausência de evidência não significa evidência de ausência”²¹⁰. Os dados científicos devem confrontar o nível de insegurança e incerteza a cada novo produto lançado no mercado de consumo. Deve desenvolver formas de prever os riscos por meio de métodos na identificação e mensuração quantitativa ou qualitativa, atendendo assim, aos anseios do governo e dos movimentos sociais, bem como regulamentações mais restritivas de proteção à saúde e do meio ambiente.

O desconhecimento dos efeitos oriundos do descarte de resíduos nanotecnológicos no meio ambiente demonstra o tamanho da complexidade dos riscos produzidos pela sociedade. Sabe-se que os problemas ligados a produção de lixo são constantemente tema de debates pelos atores ambientais, contudo, nessa dimensão abstrata, torna-se alarmante.

[...] o alto grau de obsolescência e rápido avanço tecnológico condicionam o consumo e o volume de lixo produzido sem qualquer preocupação com resultados de sustentabilidade. Ou seja, a toda evidência, surge a preocupação com a disposição final, visto que o descarte de resíduos representa um potencial impacto ambiental. Nessa tomada de consciência prevalece a necessidade de informação adequada no consumo de novas tecnologias. O desafio atual é superar a dificuldade e inexistência de métodos e instrumentos adequados para diagnosticar, tratar e prevenir os

²⁰⁷ PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, 421, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁰⁸ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 3.

²⁰⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 14. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

²¹⁰ SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. *A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009. p. 95.

efeitos nocivos e adversos das partículas nanos²¹¹.

Assim, pode-se dizer que os malefícios das nanopartículas permanecem obscuros e cheio de incertezas, pois a sua escala de medida nanométrica será potencialmente o gargalo de contaminação ambiental e humana.

[...] O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com conseqüente interferência em processos biológicos in vivo; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente²¹².

A tendência de um debate ético, reflexivo e participativo considerando os estudos ou efeitos relacionados à exposição, manuseio, transporte, alocação e por fim o descarte de (nano)resíduos perigosos para o meio ambiente vem tomando corpo em centros de pesquisa científica e laboratórios especializados de forma global, tornando-se amplamente debatido na acadêmica, em particular para demonstrar a sua sustentabilidade.

Contudo, a dificuldade de percepção pelos sentidos humanos, de isolamento para tratamento, e de regulação revela a “magnitude bruta dos impactos de longo prazo e também com frequência, a sua irreversibilidade [...]”²¹³, uma preocupação adicional com futuros desastres. Dessa forma, a (nano)tecnologia representa de alguma forma um risco ou perigo para o meio ambiente e a saúde humana, pois os estudos de riscos e legislações de controle não acompanham suas descobertas e aplicações, que estão provocando “mudanças profundas na vida das pessoas, no mercado de trabalho, no meio ambiente e todos os outros segmentos relacionados aos humanos”²¹⁴.

²¹¹ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 168, 2015.

²¹² QUINA, Frank. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1028, 2004.

²¹³ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 22.

²¹⁴ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 205.

Sobre a responsabilidade humana em face dos novos produtos criados e desenvolvidos intencionalmente pela ciência e tecnologia, o debater gira em torno da toxicidade das nanopartículas e do efeito de sua interação quando descartada inadequadamente no meio ambiente. Segundo Engelmann, quando evidenciada a falta de divulgação ou omissão de informações sobre o potencial risco de toxicidade dos nanoproductos é chegada a hora de buscar alternativas para evitar a violação de direitos fundamentais²¹⁵.

Ocorre que, mesmo diante dessa indefinição, os produtos estão sendo comercializados. Portanto, se há autorização para a comercialização desses produtos, o mínimo a ser exigido, em razão da transparência e boa-fé, é que os responsáveis pela comercialização informem o consumidor sobre a insuficiência de estudos relativos à sua toxicidade²¹⁶.

Para se alcançar um desenvolvimento contínuo a “auto propagação cumulativa da mudança tecnológica do mundo ultrapassa incessantemente as condições de cada um de seus atos contribuintes e transcorre em meio a situações sem precedentes, diante das quais os ensinamentos da experiência são impotentes”²¹⁷, confronta-se com a “problemática do controle das decisões”²¹⁸, da irritabilidade ou estímulo da dogmática jurídica e da teoria do direito, pois pode gerar um aumento da incerteza no processo de aplicação do direito²¹⁹. Isso implica igualmente dizer que toda bagagem técnica e científica nunca será suficiente para acompanhar o desenvolvimento tecnológico, quando mais seus efeitos no meio ambiente, já que tal medida é relevada a um segundo plano em face do progresso e desenvolvimento econômico que prioriza o processo de inovação, de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e não seus efeitos futuros.

Ademais, é tímida e restrita a publicidade do meio tecnológico-científico em relação à crescente aplicação em produtos já dispostos ao consumo humano, quando existente trata-se de mera propaganda dos seus benefícios. Tampouco há regulação específica sobre a análise, aprovação e liberação ao consumo, disposição e rotulagem dos produtos de origem nanotecnológica. Da mesma forma sobre os métodos de controle, exposição, manuseio e descartes de nanotecnologias. Situação preocupante, pois o consumo e o descarte inadequado

²¹⁵ ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andréa. O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos. *Pensar*: Revista de Ciências Jurídicas, Fortaleza, DF, v. 17, n. 2, p. 674, ul./dez. 2012. Disponível em: <http://www.unifor.br/images/pdfs/Pensar/v17n2_artigo13.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²¹⁶ *Ibid.*, p. 689.

²¹⁷ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade*: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 40.

²¹⁸ ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoiético do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 13.

²¹⁹ GONÇALVES, Guilherme Leite. *Teoria dos sistemas sociais*: direito e sociedade na obra de Niklas Luhmann. São Paulo: Saraiva, 2013. p. 17-18.

e inconsciente no meio ambiente já fazem parte do dia-a-dia sem o devido controle social dos efeitos e impactos na saúde humana e no meio ambiente.

Considerada a necessidade de coordenar, planejar e executar políticas e diretrizes de governança regulatória das nanotecnologias no âmbito da agência a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), instituiu-se, por meio da portaria nº 1.358/14, o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN) com o objetivo de elaborar normas ou guias específicos para a avaliação e controle de produtos que utilizam nanotecnologia, bem como a formação de um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais²²⁰, já que diante a inexistência de legislação específica, seja para registro de nanomateriais ou para os produtos manufaturados contendo nanomateriais, vem aprovando os produtos atualmente inseridos no mercado de consumo por meio de análise e avaliação caso-a-caso²²¹.

Os meios de comunicação científicos carecem da melhor forma de obter resultados concretos e seguros para o desenvolvimento sustentável das (nano)tecnologias. Não se descarta a probabilidade de nanopartículas agirem como contaminador do solo, ar e água, e proliferador de doenças desconhecidas, pois pouco se sabe sobre os efeitos da difusão das nanopartículas no meio ambiente e na saúde humana. “A contaminação [...] tanto afeta individualmente o ser humano (no seu direito subjetivo à saúde ou ao ambiente), quanto a coletividade como um todo, considerando a dimensão transindividual e comunitária da proteção da saúde e do ambiente”²²². Conforme aponta Delgado e Paumgartten publicações dos anos 90 “sugeriram que partículas com diâmetro menor que 100 nm causaram uma toxicidade (resposta inflamatória) maior no tecido pulmonar quando comparadas com partículas maiores”²²³, o que indica que em relação “aos riscos reprodutivos e de desenvolvimento (ou seja, nanotoxicologia do desenvolvimento), ainda estamos tomando os primeiros passos nesse sentido”²²⁴.

²²⁰ AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Instituído Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa*. Disponível em: <<http://s.anvisa.gov.br/wps/s/t/cUP2>>. Acesso: 24 jun. 2015.

²²¹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 24. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²²² FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 79.

²²³ DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J. R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. *Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 13-14, 2013. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²²⁴ *Ibid.*, p. 14.

Grande parte da dificuldade em compreender e mapear os riscos (nano)toxicológicos está atrelado a questões metodológicas para estudar os efeitos nocivos e adversos.

Para caracterizar o comportamento químico das substâncias é necessário quantificá-las nos diferentes compartimentos ambientais (ar, água, solo, sedimento e biota) e compreender o movimento e o transporte destas substâncias dentro (intrafase) e entre (interfase) esses compartimentos. Além disso, deve-se levar em consideração a ocorrência de reações bióticas e abióticas, que resultam em mudanças nas propriedades físicas e químicas dos compostos²²⁵.

Nessa medida, a percepção dos riscos requer a avaliação do grau de segurança das nanotecnologias, para isso precisa levar em conta “uma abordagem técnica e científica das questões, com base na melhor informação disponível”²²⁶, considerado “a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável e as consequências negativas deste evento”²²⁷. Consequentemente, o gerenciamento de resíduos oriundos do consumo nanotecnológico deve avaliar com as informações disponíveis os “processos que envolvem interações com os elementos constituintes daquele compartimento ambiental e com a biota, transformações e, eventualmente, degradação”²²⁸, tendo como guia programas de gerenciamento de riscos alicerçados na precaução, voltada a superar o recorrente contexto de desastres por “contaminações de grandes proporções, graves problemas de saúde e escassez de recursos minerais”²²⁹.

A possibilidade de produção de riscos, rompe com os limites possivelmente imaginados pelo homem e demonstra que a garantia fundamental de uma “qualidade de vida, finalidade máxima da implementação dos preceitos normativos do direito ambiental”²³⁰ pode vir a ser comprometida, já que “em muitos casos que envolvem questões de risco, perigo, ou mesmo de dano ambiental, não há conhecimento científico, nem experiência jurídica anterior para ser tomada em consideração como precedente”²³¹ na tentativa de antecipar e evitar algum tipo de danos à saúde e ao meio ambiente em razão dos efeitos das nanotecnologias.

²²⁵ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira. Fundamentos da toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 24.

²²⁶ NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 158.

²²⁷ *Ibid.*, p. 159.

²²⁸ SISINNO, Cristina Lúcia Silveira; MOREIRA, Josino Costa. Dinâmica, transformação e destino dos contaminantes no ambiente. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 29.

²²⁹ GRIZZI, Ana Luci Limonta Esteves. *Direito ambiental aplicado aos contratos*. São Paulo: Verbo Jurídico, 2008. p. 41.

²³⁰ *Ibid.*, p. 58.

²³¹ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 67.

A particularidade e característica das nanotecnologias, invisíveis e imperceptíveis aos sentidos humanos, remete ao desafio de medir os seus efeitos difusos em situações onde inexista antecipadamente mecanismos para a efetiva fiscalização dos padrões de produção, medição e controle dos seus reflexos no meio ambiente e na saúde humana. O risco (nano)tecnológico invisível constitui uma potencial fonte de desastres futuros, com consequências talvez irreversíveis. O manejo e descarte inadequado de produtos nanos deve integrar a temática que envolve a gestão do risco. É fundamental a conscientização sobre a necessidade de controle e monitoramento permanente nesse caso, do contrário, pode levar a falhas e a uma exposição à agentes nocivos que sem a devida avaliação compromete a efetividade da tutela dos direitos fundamentais.

Não obstante, os estudos prospectivos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) revela que a área do nanoambiente, que se refere “às interações entre nanoestruturas e o meio ambiente”²³², além de desenvolver tecnologias com o objetivo de proteger, controlar, remediar e tratar o meio ambiente, também se preocupa com os efeitos que essas mesmas tecnologias possa causar na sua interação com o homem e o meio ambiente, para isso inclui nas suas diretrizes “estudos de toxicidade e bioacumulação para avaliar os riscos advindos do uso de nanotecnologias”²³³, muito embora não haja uma “oposição tecnofóbica sistemática”²³⁴.

Esse novo quadro demonstra e também nos reafirma a necessidade de “harmonização (nos planos legislativos e interpretativos) de tão intrincado sistema de fontes”²³⁵ nacionais e internacionais. Com isso, os “ordenamentos jurídicos diversificados do pluralismo jurídico produzem permanentemente expectativas normativas codificadas juridicamente no sentido sociológico”²³⁶, o que exige cada vez mais da comunidade jurídica um comprometimento focado em identificar novas possibilidades para atender as demandas e desafios oriundos das transformações sociais geradas pelo uso massificado de novas tecnologias, presença indissociável da vida humana.

²³² AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 70. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²³³ *Ibid.*, p. 70.

²³⁴ QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1028, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

²³⁵ TEPEDINO, Gustavo. *O código civil, os chamados microssistemas e Constituição*: premissas para uma reforma legislativa. Rio de Janeiro: Renovar, 2008. p. 7.

²³⁶ TEUBNER, Gunther. *Direito, sistema e policontextualidade*. Piracicaba: Editora Unimep, 2005. p. 90.

A ciência constantemente revela a sociedade inovações tecnológicas voltadas a evolução das capacidades humanas. Hodiernamente, desvela uma corrida global²³⁷ frente ao desenvolvimento “baseado em nanossistemas produtivos”²³⁸. Surge como a próxima revolução industrial, desvelada pela projeção das tecnologias desenvolvidas a partir dos estudos e eventos precursores (Quadro 1) que marcaram época e hoje traçam as linhas do futuro tecnológico

Quadro 1 - Marcos históricos da nanotecnologia

Ano	Fato importante na nanotecnologia
1959	Richard Feynman proferiu a palestra <i>There's a plenty of room at the bottom</i> para a American Chemical Society, no Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA). No seu discurso ele propôs que era possível a manipulação átomo por átomo. Infelizmente nas duas décadas seguintes, as idéias de Feynman ainda não haviam sido concretizadas
1974	O pesquisador da Universidade de Tóquio, Norio Taniguchi, atribui o nome nanotecnologia ao campo da engenharia em escala submicrométrica
1981	O microscópio de varredura por tunelamento (STM) foi inventado pelos pesquisadores da IBM, Gerd Binnig e Henrich Röhrer
1981	Primeiro artigo científico publicado sobre nanotecnologia por K. Eric Drexler, pesquisador do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT
1986	O Instituto Foresight é estabelecido para auxiliar no desenvolvimento e promoção da nanotecnologia, promovendo muitas conferências sobre nanotecnologia Publicação do livro <i>The engines of creation</i> por K. Eric Drexler, com teorias que ainda continuam revolucionando a nanotecnologia Richard Smalley, da Universidade de Rice, descobre os <i>buckminster</i> fulerenos ou <i>buckyballs</i> Invenção do microscópio de força atômica (AFM), também pelos pesquisadores da IBM, Gerd Binnig e Henrich Röhrer
1996	Richard Smalley desenvolve um método de produção de nanotubos de diâmetros uniformes
1997	A primeira empresa em nanotecnologia é criada – a Zyvex
1997	Primeiro dispositivo nanomecânico baseado na estrutura da molécula de DNA é criado por Ned Seeman
1999	Os cientistas Mark Reed e James M. Tour criam um interruptor (chave) do “computador molecular” usando uma única molécula
2000	Pesquisadores da Universidade de Rice desenvolveram métodos de transformação de nanotubos de carbono em estruturas rígidas multicomponentes
2001	Pesquisadores da IBM desenvolvem métodos para o crescimento de nanotubos

Fonte: Nelson Duran, Luiz Henrique Capparelli Mattoso e Paulo Cezar de Morais²³⁹.

Nano é um prefixo de origem grega e significa anão ou nanica. É um termo técnico utilizado para designar uma unidade de medida padrão. Isso significa que um nanômetro equivale a um bilionésimo de um metro ($1\text{nm} = 1/1.000.000.000\text{ m}$)²⁴⁰ ou uma milionésima parte de um milímetro, “esta é a medida que a nanociência estuda e a nanotecnologia manipula”²⁴¹

²³⁷ Sobre o dimensionamento e reflexos do emprego das nanotecnologias Drexler refere que “[...] esta tecnologia pode perturbar a organização do mundo. Pode perturbar o equilíbrio militar. Considerando os aspectos econômicos e militar, penso que está bem claro que todo país que deseje participar desse futuro e queira ser dono do seu próprio destino terá que participar dessa revolução tecnológica”. DEXLER, Eric. Os nanossistemas. possibilidades e limites para o planeta e para a sociedade. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009. p. 47.

²³⁸ *Ibid.*, p. 41-42.

²³⁹ DURAN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber, 2006. p. 18.

²⁴⁰ *Ibid.*, p. 19.

²⁴¹ BOESING, Ivan Jorge; MARTINS, Mirkos Ortiz. Computação biológica e nanotecnologia. In: BOESING, Ivan Jorge; MARTINS, Mirkos Ortiz (Org.). *Inteligência artificial: diálogos entre mentes e máquinas*. Porto Alegre: Evangraf, 2014. p. 182.

A nanociência, é um “ramo da ciência que estuda esses novos materiais/comportamentos”²⁴², muito embora o termo nanotecnologia seja mais utilizado porque é uma expressão mais conhecida. Por padronização, o grupo de trabalho em Marco Regulatório²⁴³ adotou o conceito da ISO TC 229, bem como define o nanomaterial conforme a ISO/TR 12885-2008, na qual define como nanomaterial engenheirado aquele material nanoestruturado e/ou o que contém nano-objetos²⁴⁴. Segundo essa definição aponta-se duas características fundamentais: “a) produtos ou processos que estejam tipicamente, mas não exclusivamente abaixo de 100nm (cem nanômetros); b) nesta escala, as propriedades físico-químicas devem ser diferentes dos produtos ou processos que estejam em escalas maiores”²⁴⁵.

Considera-se, portanto, que “a nanotecnologia é muito mais do que diminuir o tamanho – ela é, sobretudo, explorar os fenômenos e as propriedades que a matéria apresenta na nanoescala”²⁴⁶, significa rearranjar e controlar as “estruturas e dispositivos em níveis atômico, molecular e supramolecular e aprender a fabricar e usar esses dispositivos de maneira eficiente”²⁴⁷, pois nesse domínio, “os materiais apresentam novas propriedades e características como resistência, maleabilidade, elasticidade, condutividade e poder de combustão”²⁴⁸. Em outras palavras “representa as diversas técnicas ou setores que se utilizam de escala nanométrica para a produção de bens com características diferentes daquelas existentes em tamanho maiores”²⁴⁹.

Contudo, apesar da ciência dos átomos e moléculas simples, de um lado, e ciência da matéria, desde a micro até a macroestrutura, do outro, já estarem bem estabelecidas e fundamentadas, a nanotecnologia se encontra na sua fase inicial, pois ainda há muito a ser

²⁴² DURAN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber, 2006. p. 13.

²⁴³ O Grupo de Trabalho em Marco Regulatório é resultado dos encontros promovidos pelo Fórum de Competitividade em Nanotecnologia realizado desde 2009, com o escopo de produzir um documento abordando definições e questionamentos conexos com as nanotecnologias. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁴⁴ Ibid.

²⁴⁵ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 23.

²⁴⁶ FERNANDES, Maria Fernanda Marques e FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2206, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n8/50.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁴⁷ DURAN; MATTOSO; MORAIS, op. cit., p. 13.

²⁴⁸ ARCURI, Arline; VIEGAS, Maria de Fátima Torres Faria; PINTO, Valeria Ramos Soares. Nanotecnologia e os potenciais riscos aos trabalhadores. In: SILVA, Tania Elias Magno da; WAISSMANN, William (Org.). *Nanotecnologias, alimentação e biocombustíveis: um olhar transdisciplinar*. Aracaju: Criação, 2014. p. 100.

²⁴⁹ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 346.

compreendido sobre o comportamento dos materiais em nanoescala. Atualmente, apenas dispositivos e estruturas simples podem ser criados de maneira controlada e reprodutiva, o que não impede de ser considerada uma área estratégica para o desenvolvimento industrial e para o fornecimento de soluções futuras.

De maneira geral, promete uma menor utilização de matéria-prima e energia para realizar os mesmos processos e produtos convencionais (Quadro 2), pois “quanto menor a superfície, maior a quantidade de átomos nela encontrados. Com isso, se poderão fabricar produtos mais leves e resistentes, com menor quantidade de material e maiores potencialidades de uso”²⁵⁰, o que em termos ambientais é considerado um grande benefício. Segundo Guazzelli e Perez “as nanotecnologias conseguem criar novos materiais sintéticos ou modificar os existentes a partir dos átomos ou moléculas”²⁵¹ reduzindo o tamanho de qualquer tipo de estrutura e as “ferramentas e processos nanotecnológicos podem ser aplicados em praticamente qualquer produto fabricado, em toda a amplitude do setor industrial”²⁵².

Quadro 2 - Aplicação de produtos e processos de micro e nano manufatura

Nanomateriais	Propriedades	Setor Industrial	
		Aplicação	Indústria
Materiais à base de carbono	Elétricas, mecânicas, térmicas, tribológicas	Pneus, tecidos, suporte para catalisadores, camadas protetoras do desgaste, transplantes, armazenamento de energia etc.	Automobilístico, Têxtil, Medicina e Saúde, Energético, Aeronáutico e Espacial, Construção
Nanocompósitos	Mecânicas, elétricas, biológicas	“Drug delivery”, implantes, material dentário, parabrisas, materiais leves e fortes etc.	Automobilístico, Têxtil, Medicina e Saúde, Energético, Aeronáutico e Espacial, Construção
Metais e ligas (Óxidos)	Magnéticas, mecânicas, catalíticas, antibacterianas	Saúde, materiais estruturais, recobrimento, armazenamento de hidrogênio etc.	Automobilístico, Medicina e Saúde, Energético, Aeronáutico e Espacial, Construção
Biológicos	Auto-organização, reconhecimento molecular	Sistemas de auto-organização (DNA, proteínas), atuadores, sensores, filtros etc.	Medicina e Saúde, Energético
Nano-polímeros	Mecânicas, permeabilidades de gás, não inflamáveis	Transporte de produtos, empacotamento, aparelhos domésticos, prédios, equipamento esportivo, acabamento de superfícies etc.	Medicina e Saúde, Energético, Construção
Nano-vidros	Ópticas, eletrônicas	Dispositivos ópticos, LEDs, tintas, fotônica, sistema de comunicação etc.	Medicina e Saúde, Energético, Aeronáutico e Espacial, Construção
Nano-cerâmicos	Mecânicas, térmicas, elétricas, difusividade	Óptica, engenharia de precisão, armazenamento de dados etc.	Automobilístico, Medicina e Saúde, Aeronáutico e Espacial, Construção

Fonte: Washington Moreira Cavalcanti e Christianne Lacerda Soares²⁵³.

²⁵⁰ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 346.

²⁵¹ GUZZELLI, Maria José; PEREZ, Julian. *Nanotecnologia: a manipulação do invisível*. São Paulo: CV Artes Gráficas, 2009. Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015. p. 5.

²⁵² *Ibid.*, p. 5.

²⁵³ CAVALCANTI, Washington Moreira; SOARES, Christianne Lacerda. *Micro e nano manufatura: uma revisão de literatura*. In: SEGeT - SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10., 2013, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/41818470.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Segundo informações da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, o mercado internacional de nanotecnologia deverá atingir US\$ 2,95 trilhões em 2015²⁵⁴, chamando a atenção e o interesse de governos, corporações, empresa de capital de risco e pesquisadores acadêmicos²⁵⁵, pois o mercado atinge uma grande diversidade de aplicação a ser desafiada e explorada pelo conhecimento técnico e humano em áreas como da biologia, medicina, química, informática e engenharia. E, na medida em que seja incorporada aos processos de manufatura, essa tendência revela - diante a ausência de regulação - que será “muito difícil saber exatamente quantos produtos obtidos por nanotecnologia ou que contêm nanotecnologia embarcada estão sendo comercializados atualmente no mundo”²⁵⁶.

Estima-se que a nanotecnologia pode faturar US\$ 33 bilhões em 2020 e 1% virá do Brasil, que atualmente conta com aproximadamente 90 empresas desenvolvedoras de soluções em áreas como vestuário, healthcare, eletrônica e até farmacêutica. Além disso, afirma-se que só em 2014 as companhias nacionais do ramo nanotecnológico tenham movimentado em torno de R\$ 50 milhões, segundo a análise feita no 6º Congresso de Inovação da Indústria realizado em São Paulo no dia 13 de maio de 2015²⁵⁷.

Por sua complexidade, as empresas, “mediante a implementação de políticas sócio-econômico-ambientais [...] obrigatoriamente passarão a contemplar os efeitos ambientais gerados por suas atividades, absorvendo suas externalidades negativas”²⁵⁸, muito embora as presentes e futuras gerações continuem absorvendo o preço do risco e dos efeitos desconhecidos, já que “os produtos estão sendo comercializados em todo o mundo, mesmo antes de se ter uma legislação específica para sistemas contendo nanoestruturas”²⁵⁹, ainda que no mínimo de rotulagem das embalagens, restando apenas “informações voluntárias dos fabricantes”²⁶⁰.

²⁵⁴ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Apresenta notícia sobre pesquisas com nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 9 abr. 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/noticia_detalhe.aspx?i=2512>. Acesso: 24 jun. 2015.

²⁵⁵ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília, DF, 2010. p. 29. Disponível em <[http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20 nanotecnologia.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁵⁶ *Ibid.*, p. 30.

²⁵⁷ Painel intitulado Nanotecnologia, ministrado por Gabriel Nunes (diretor de operações da TNS Nanotecnologia) no 6º Congresso Brasileiro de Inovação da Indústria. VARGAS, Amauri. Nanotecnologia pode faturar US\$ 33 bilhões em 2020 e 1% virá do Brasil. *B!T magazine*, São Paulo, 14 maio 2015. Disponível em: <<http://www.bitmag.com.br/2015/05/nanotecnologia-pode-faturar-us-33-bilhoes-em-2020-e-1-vira-do-brasil/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁵⁸ GRIZZI, Ana Luci Limonta Esteves. *Direito ambiental aplicado aos contratos*. São Paulo: Verbo Jurídico, 2008. p. 52.

²⁵⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI), op. cit., 2014, p. 31.

²⁶⁰ *Ibid.*, p. 30.

Sob o olhar da percepção dos riscos “não se deve subestimar o potencial para danos ao meio ambiente. As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente”²⁶¹. Os avanços e conquistas (nano)tecnológicas deve trilhar a indeterminação e incerteza por meio de posturas de precaução, mediante comportamentos e programas preventivos, sempre avaliando a repercussão de cada descoberta e os impactos sociais, levando-se sempre em conta a obtenção de resultados positivos, adequados aos aspectos humanos e ambientais envolvidos²⁶².

Por “seu caráter inter-multidisciplinar, o exemplo da Nanotecnologia introduz uma reflexão importante a respeito dos paradigmas a serem adotados em termos das interfaces e organização da pesquisa”²⁶³, de forma a não “perder-se em nome de um pretense poder que ela poderá trazer. É preciso utilizá-la para transformar as suas descobertas em possibilidades concretas de melhoria de vida para as pessoas”²⁶⁴. Isso implica que os investimentos públicos não sejam direcionados tão somente para grupos multidisciplinares de trabalho nas áreas das ciências exatas, biológicas e engenharias, mas que também contemple as ciências humanas para “investigações teóricas que analise as nanotecnologias, também, do ponto de vista dos seus impactos sociais, éticos e ambientais”²⁶⁵.

A partir dessa prerrogativa “será necessária cautela e muita noção de limites e de ponderação, a fim de se criarem marcos regulatórios necessários e adequados à realidade brasileira, mas com os olhos focados também no contexto internacional”²⁶⁶ uma vez “que a humanidade pode simplesmente inviabilizar a sua permanência na Terra, por obra e desgraça, em larga escala, do seu estilo devorante. O alerta está acionado”²⁶⁷.

²⁶¹ QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, São Paulo, v.27, n. 6, p.1028, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁶² ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 173.

²⁶³ TOMA, Henrique E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, p. S49, 2005. Supl. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28s0/26775.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

²⁶⁴ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e suas interações com o meio ambiente: dos riscos aos tópicos associados ao nanoambiente. In: SIMPÓSIO DANO AMBIENTAL NA SOCIEDADE DE RISCO, 6., 2011, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: FUNJAB, 2011. 1 CD. p. 998-1024.

²⁶⁵ RAMOS, Soraia de Fatima et al. Reflexões acerca das nanotecnologias e as novas densidades técnicas-científicas-informacionais na agricultura. *Estud. soc*, México, v. 17, n. 34, p. 317, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v17n34/v17n34a13.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁶⁶ ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 200.

²⁶⁷ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 26.

3.1 O Risco (Nano)Tecnológico Invisível

Historicamente o risco sempre esteve atrelado ao desconhecido e imprevisível, remontando a contextos comerciais e das navegações marítimas. Atualmente, face a evolução da sociedade e da evolução tecnocientífica “encarado como uma *encruzilhada da civilização* – sinónimo, a um só tempo, de desafio tecnológico e de temor generalizado”²⁶⁸.

Las raíces de la palabra no son conocidas. Algunos piensan que es de origen árabe. En Europa, la expresión aparece ya en algunos escritos medievales, pero no es sino hasta la aparición de la imprenta cuando se extiende; en primer lugar aparentemente em Italia y em España. Faltan todavía tanto una investigación histórico-nominal como histórico-conceptual detalladas. Pero esto es comprensible si tomamos en cuenta que la palabra aparece al principio en relativamente raras ocasiones y em ámbitos muy diversos. Los contextos importantes en los que se aplica son los de la navegación marítima y los contextos comerciales²⁶⁹.

Em um primeiro momento designando insegurança, quando então o conceito de risco seria determinado pela oposição a noção de segurança, contudo, converte-se mais tarde em uma variação da distinção favorável e desfavorável face a impossibilidade de alcançar uma segurança absoluta. Isso impõe uma transição da dimensão da razoabilidade alcançável - precisão da análise do risco determinado - para uma análise do risco provável, quando então emerge uma distinção de risco (gênero) e perigo (espécie), sendo que em ambos os casos, o conceito de risco caracteriza a complexidade normalmente enfrentada pela sociedade moderna²⁷⁰.

O risco passou de *excepcional* (circunscrito a um número reduzido de setores, tais como o transporte marítimo de mercadorias, onde surgiram os primeiros seguros), a *especial* (relacionando-se com atividades especialmente perigosas e fundando o aparecimento da responsabilidade pelo risco) e finalmente, nos tempos atuais, a *regra geral*, sobretudo em domínios como a saúde pública e o ambiente (traduzindo-se numa mera ameaça generalizada)²⁷¹.

Apresenta-se também atrelado a ideia da incerteza científica que recai sobre as relações de causa e consequência – dificuldades de aplicação de metodologias para quantificar a probabilidade, precariedade de dados e ausência de informações -, característica das novas

²⁶⁸ GOMES, Carla Amado. *Direito ambiental: o ambiente como objeto e os objetos do direito do ambiente*. Curitiba: Juruá, 2010. p. 83.

²⁶⁹ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 51-52.

²⁷⁰ *Ibid.*, p. 62-66.

²⁷¹ GOMES, op. cit., p. 83.

tecnologias na sociedade contemporânea²⁷². Nesse viés, considerando-se que tanto o risco (resultado de uma decisão/escolha) quanto o perigo (efeitos das escolhas possíveis) indicam incerteza em relação ao futuro²⁷³, faz-se necessário elucidar a definição e classificação dos riscos, bem como a diferenciação de perigo no presente momento, eis que quando analisados paralelamente a gestão dos riscos em escala nanométrica a partir do modelo da logística reversa, bem como das dimensões da incerteza, podem representar um ponto de observação.

Dessa forma, destaca-se as duas espécies de riscos: de um lado, os *riscos concretos*, característicos de uma formatação social de natureza industrial, quando então era perceptível e possível, a partir da avaliação científica, fixar e determinar as causas e consequências (efeitos nocivos) produzidas pelas atividades industriais²⁷⁴, mediante cálculo realizado conforme a melhor técnica disponível e, de outro, os *riscos invisíveis ou abstratos*, inerentes à sociedade pós-industrial ou sociedade de risco²⁷⁵, particularmente pela produção e distribuição de riscos complexos e indeterminados²⁷⁶, caracterizados pela: *invisibilidade e hipercomplexidade causal*, quando além de fugir à capacidade normal de percepção humana, a melhor técnica disponível não apresenta um conhecimento científico seguro apto a determinar as dimensões dos riscos; *globalidade*, quando as consequências negativas são amplas e não apresentam limites territoriais, e, *transtemporalidade*, quando pode atingir não somente as presentes como também as futuras gerações, de modo a dificultar a identificação da forma e proporção dos possíveis danos, ou seja, consistente na relação direta dos riscos abstratos com o controle e a descrição do futuro²⁷⁷.

²⁷² CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 72.

²⁷³ PEREIRA, Reginaldo. *A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia*. 2013. f. 277-278. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

²⁷⁴ Destaca-se que nesse período, tornam-se “evidentes os riscos e a degradação ambiental decorrentes da sociedade industrial, os riscos passam a ter relevância jurídica para justificar intervenções, prioritariamente corretivas, desencadeadas somente a partir da ocorrência de um dano. Neste momento da sociedade industrial, os riscos consistem apenas em um critério de imputação de responsabilidade após a concretização de um dano, como elemento que justifica a atribuição da responsabilização a um determinado sujeito. [...] Esta Teoria do Risco Concreto, forjada sobre as estruturas da sociedade industrial, sustentou a formação da responsabilidade civil objetiva, tendo como variações hermenêuticas, as teorias do risco criado, risco integral, risco administrativo, etc”. CARVALHO, Délton Winter de. Regulação constitucional e risco ambiental. *Revista Brasileira de Direito Constitucional – RBDC*, São Paulo, n. 12, p. 15-1, jul./dez. 2008.

²⁷⁵ Conceito que surgiu com a mudança estrutural da sociedade moderna, quando então a produção social de riquezas é acompanhada pela produção social de riscos, também chamada de modernidade tardia, ligada historicamente a duas condições: a uma, pela *carência material* - nível alcançado pelas garantias e regras jurídicas do Estado Social, bem como pelas forças produtivas humanas e tecnológicas exponencialmente crescentes no processo de modernização, a duas, pela incerteza dos riscos e potenciais ameaças autoproduzidos. BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 23.

²⁷⁶ CARVALHO, op. cit., 2008. p. 16.

²⁷⁷ CARVALHO, op. cit., 2013. p. 73-75.

Como visto, ao contrário do período de formação da Sociedade Industrial - onde os riscos eram produzidos concretamente e seus efeitos futuros eram antevistos a partir da técnica empregada - os riscos tecnológicos invisíveis tornam as previsões ou probabilidades de seus efeitos diluídas no tempo e no espaço, inviabilizando qualquer medida de antecipação ou mesmo responsabilização dentro dos moldes da teoria clássica pós-moderna, vigente na dogmática jurídica²⁷⁸. Nesse sentido, a “categoria perigo também guarda íntimas relações com o futuro”²⁷⁹, ou seja, “quando os danos ou as perdas estão relacionados com causas fora do próprio controle”²⁸⁰.

Não existe nenhum risco sem a valorização positiva de algo, não existe nenhum risco sem algo que alguém possa perder. O risco é um acontecimento futuro, um momento esperado ou temido no qual essa perda pode acontecer. Esse momento separa duas situações radicalmente distintas. Na primeira delas ainda não aconteceu a perda, e prevalece a sua expectativa. Na segunda já ocorreu a perda, ou já passou o perigo. O risco percebido torna-se facilmente um perigo. Ora, o perigo tem algo claramente ameaçador, o que o risco nem sempre possui. Todavia, qualquer perigo tem todas as características de um risco, pois somente quando o perigo passou podemos dizer que enfrentamos um risco. Um perigo realizado é um desastre, terminando o percurso perigoso. O risco, pelo contrário, é algo que abre uma dada situação e bifurca o percurso da história de forma imprevisível²⁸¹.

Fatos pretéritos, tais como revolução verde e os altos riscos para a saúde e o meio ambiente gerados pelo uso intensivo de agrotóxico e herbicida, ou então, o duro golpe com os acidentes de Seveso (1976), Three Island (1979), Bhopal (1984) e Chernobyl (1986), fornecem esse alerta. Não deixam margem de dúvidas sobre as incertezas ou omissões referentes aos riscos tecnológicos atuais, oriundos da falta de informações e seus reflexos diretos e indiretos no meio ambiente e na saúde humana.

Nesse contexto, vale lembrar que “nenhum país resolveu o problema dos rejeitos nucleares. Na realidade, esses resíduos são prejudiciais a todas as formas de vida, tanto pela toxicidade direta como pela mutagenicidade”²⁸². Vive-se hoje, “com um tipo diferente de risco que se oculta em nosso meio ambiente – um risco que nós mesmos introduzimos em nosso

²⁷⁸ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 73.

²⁷⁹ PEREIRA, Reginaldo. *A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia*. 2013. f. 274. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

²⁸⁰ BRÜSEKE, Franz Josef. *A modernidade técnica: contingência, irracionalidade e possibilidade*. Florianópolis: Insular, 2010. p. 207.

²⁸¹ BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 36.

²⁸² MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limites do crescimento: a atualização de 30 anos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. p. 113.

mundo, à medida que nosso estilo de vida moderno se desenvolveu”²⁸³. Um risco que “pode afetar tanto “os processos industriais, o meio ambiente e numa visão antropocêntrica o homem no topo da pirâmide [...]”²⁸⁴.

Nessas condições, a “realidade complexa e contingente que se apresenta, indica que a atividade humana transformadora é produtora de riscos através de suas decisões”²⁸⁵, ou seja, “o risco não é, ou não é ainda, um perigo”²⁸⁶, o que traz dúvidas sobre o que se pode considerar arriscado, a dimensão do risco e como lidar com ele²⁸⁷. Segundo Carvalho “o risco consiste num processo de racionalização de incertezas inerente a qualquer reflexão acerca do futuro, isto é, em processos de tomada de decisão imersos em contextos de racionalidade limitada (bounded rationality)”²⁸⁸. Constitui-se assim, que o “risco não é, ou não é ainda, um perigo”²⁸⁹.

O conceito de risco, tal como é predominantemente compreendido na atualidade, resulta desse processo, cabendo ao próprio homem a atribuição de desenvolver, através de metodologias baseadas nas ciências e tecnologia, a capacidade de interpretá-los e analisar, para melhor controlá-los e remediar²⁹⁰.

Logo, “a geração dos avanços científicos e a distribuição de benefícios, deverá ser mediada pela mensuração dos efeitos negativos, além do foco na preservação da humanidade e da própria sociedade”²⁹¹, orientada pela observação dos sistemas, especialmente pela tomada de decisões a partir da percepção do risco sociais.

[...] teríamos então risco em sentido estrito (sinónimo de imprevisibilidade) e em sentido amplo (abrangendo o perigo). Risco demarca-se assim de perigo, realidade susceptível de previsão, quer através da análise de nexos causais comprovados, quer por meio de associações a situações (precedentes)

²⁸³ CARSON, Rachel. *Primavera silenciosa*. São Paulo, Gaia. 2010. p. 162.

²⁸⁴ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 163, 2015.

²⁸⁵ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 143.

²⁸⁶ GOMES, Carla Amado. Subsídios para um quadro principiológico dos procedimentos de avaliação e gestão do risco ambiental. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 143, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/1399/1767>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁸⁷ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012 [No prologo].

²⁸⁸ CARVALHO, Délton Winter de. Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 67, p. 136, 2012.

²⁸⁹ GOMES, op. cit., p. 143.

²⁹⁰ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 151-181, 2015. p. 165.

²⁹¹ ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 202.

paralelas, ainda que não cientificamente demonstradas (que podem sustentar fundadas suspeitas de perigo)²⁹².

Como já visto, a humanidade experimenta ao longo da sua evolução inesquecíveis exemplos de insucessos, marcados por uma era de acidentes tecnológicos e desastres naturais, potencializados pela intervenção humana e resultado da cobiça do homem pelo desenvolvimento natural, presente em todas as civilizações²⁹³. Testemunho que entalha na memória histórica um conjunto de acontecimentos e fatos que engenha o saber histórico das gerações e que deve lastrear as posturas e condutas humanas contemporâneas, pois o “tempo, mesmo passado, nunca é adquirido: pede sempre para ser instituído e reinstituído”²⁹⁴.

As informações disponíveis sobre os riscos (nano)tecnológicos são inconclusivas. A técnica atual destaca como característica principal a sua “invisibilidade, globalidade e imprevisibilidade”²⁹⁵, que dificulta a percepção dos riscos e obstaculiza “a aplicação de metodologias de quantificação de sua probabilidade”²⁹⁶. Por outro lado, as (nano)tecnologias “representam uma alternativa científica para se tratar os graves problemas ambientais da atualidade, mas o seu emprego efetivo poderá gerar novos riscos”²⁹⁷, ou seja, corroborando a assertiva de que toda tomada de decisão no atual estado da técnica, implica na produção de um novo risco (indeterminação dos efeitos da decisão), pois “nem tudo é possível num momento dado, mas não sabemos quais as fronteiras que separam o possível do impossível”²⁹⁸, portanto, decidir acerca do risco “é avaliar e gerir a incerteza na medida do possível, mas deve ser ainda decidir”²⁹⁹.

O que nunca se verificou, pode acontecer de improviso. As eventuais decisões relativas ao comportamento devem levar em consideração esta possibilidade. E agora percebe-se que toda decisão também poderia ter sido tomada de maneira diversa: percebe-se, então, que a decisão é contingente,

²⁹² GOMES, Carla Amado. Subsídios para um quadro principiológico dos procedimentos de avaliação e gestão do risco ambiental. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 143, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/1399/1767>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

²⁹³ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 3.

²⁹⁴ OST, François. *O Tempo do Direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 60-63.

²⁹⁵ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 73.

²⁹⁶ CARVALHO, Délton Winter de. Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 67, p. 137, 2012.

²⁹⁷ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e suas interações com o meio ambiente: dos riscos aos tópicos associados ao nanoambiente. In: SIMPÓSIO DANO AMBIENTAL NA SOCIEDADE DE RISCO, 6., 2011, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: FUNJAB, 2011. 1 CD. p. 998-1024.

²⁹⁸ MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. *Terra-pátria*. Porto Alegre: Sulina, 2011. p. 127.

²⁹⁹ GOMES, op. cit., p. 143.

que o evento, ao qual ela se refere, é contingente, e que o momento, no qual o acontecimento e a decisão se fundam, também é contingente³⁰⁰.

Nesse caso, presume-se uma postura e comportamento consubstanciado no princípio da precaução³⁰¹, haja vista que a ciência “não mais resiste à voraz das mutações técnicas e as decisões que dela dependem ficam cada vez mais desamparadas”³⁰². De modo geral o aumento do consumo de novas tecnologias se tornou uma regra e “pode desencadear processos de alto risco ambiental em virtude do mau aproveitamento e desperdício dos recursos naturais”³⁰³. Outrossim, o estado de incerteza, de falta de conhecimento técnico sobre os efeitos futuros oriundos da ação ou omissão de uma determinada conduta em face da exploração e utilização dos recursos naturais e artificiais do meio ambiente subjugam a capacidade do meio ambiente em demonstrar sua reação frente a degradação imposta pela atividade produtiva exercida pelo homem.

Existe um limite de tolerância natural do meio ambiente, evidenciado em certos casos pela ocorrência de desastres tecnológicos ou sociopolíticos³⁰⁴, sendo que a concepção do desastre natural “tende a vincular os desastres a eventos naturais desencadeadores de danos humanos e à propriedade”³⁰⁵, já a concepção de tecnológicos ou “desastres antropogênicos são constituídos por desastres tecnológicos e sociopolíticos e decorrem de fatores humanos”³⁰⁶, o que significa dizer em outras palavras que de algum modo o homem ou a natureza se encarrega de produzir as evidências de tais limites.

A manipulação em escalas invisíveis (nanométrica) produz uma enorme expectativa de evolução, mas “renova a preocupação da educação científica do grande público”³⁰⁷. Enquadra-se como uma tecnologia que remete a necessidade de cuidado na aplicação, monitoramento, avaliação e estudos de impacto e percepção dos riscos, particularmente os

³⁰⁰ DE GIORGI, Raffaele. O risco na sociedade contemporânea. *Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 48, jan. 1994. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15873/14362>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³⁰¹ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 196.

³⁰² GOMES, Carla Amado. *Direito ambiental: o ambiente como objeto e os objetos do direito do ambiente*. Curitiba: Juruá, 2010. p. 107.

³⁰³ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 72.

³⁰⁴ CARVALHO, Délton Winter de. Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 67, p. 107-145, 2012.

³⁰⁵ *Ibid.*, p. 113.

³⁰⁶ *Ibid.*, p. 114.

³⁰⁷ POHLMANN, Adriana Raffin; GUTERRES, Silvia Stanisçuaski. *Relatório de atividades do grupo de trabalho marco regulatório*. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia organizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

constituídos por desastres tecnológicos³⁰⁸, conhecidos por acidentes industriais, visto que os “efeitos de sua percepção são graduais e invisíveis aos sentidos humanos, podendo emergir somente nas futuras gerações”³⁰⁹.

Embora não se tenha uma teoria formulada a respeito, os estudos de percepção do risco apontam alguns parâmetros importantes que são considerados na decisão sobre risco, tais como: o conhecimento – as pessoas tendem a perceber como maiores os riscos de atividades novas e desconhecidas; o potencial catastrófico – as pessoas tendem a enfatizar as consequências em detrimento da probabilidade, e em casos em que as consequências podem ser severas o risco é percebido como maior, ainda que a probabilidade de ocorrência seja muito pequena; a voluntariedade – as pessoas tendem a aceitar riscos maiores se entendem que são escolhas voluntárias e rejeitam riscos menores se estes lhes são impostos³¹⁰.

Vale lembrar que as nanotecnologias possuem grande capacidade de dispersão e penetração decorrente de sua estrutura nanométrica, suscitam o debate acerca dos riscos que podem ser provocados durante o processo de sua produção, quando então pode haver um contato e exposição do operador com o manuseio do nanomaterial (pele, mucosas e ingestão acidental) ou então quando da incorporação ou degradação do nanomaterial (degradação oriunda do próprio processo produtivo)³¹¹.

Trata-se de uma tecnologia de difícil gestão e circundada por inúmeros questionamentos éticos, que muito promete em termos de benefícios, mas que ainda caminha sem um consenso científico, ditada pela disputa de interesses econômicos globalizados³¹². Cria “uma dimensão de risco, que não pode mais ser delimitada, e por isso, tornando mais difícil seu controle, principalmente, através de mecanismos construídos e adaptados para uma realidade superada de previsibilidade dos riscos”³¹³.

³⁰⁸ CARVALHO, Délton Winter de; DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. *Direito dos desastres*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 26.

³⁰⁹ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 151-181, 2015. p. 163.

³¹⁰ NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 167.

³¹¹ POHLMANN, Adriana Raffin; GUTERRES, Silvia Stanisçuaski. *Relatório de atividades do grupo de trabalho marco regulatório*. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia organizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³¹² FREITAS, Carlos Machado de. Avaliação de riscos dos transgênicos orientada pelo princípio da precaução. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 113-114.

³¹³ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 141.

A noção de risco implica não somente iminência imediata de um perigo, mas também a possibilidade de, num futuro próximo, ocorrer uma perda de qualidade de vida pela ausência de ação preventiva. A ação preventiva está relacionada com o risco, pois não se trata de só minorar o risco imediatamente, mas de criar prevenções para que se reduza significativamente o risco, ou que ele deixe de existir³¹⁴.

A imprevisibilidade dos efeitos das (nano)tecnologias molda uma percepção de risco como uma ameaça à saúde humana ou de degradação ambiental que pode ser inclusive irreversível face as características e particularidades das propriedades de cada nanopartícula, imperceptíveis pelo menos até agora aos sentidos humanos, pela ciência e pelo conhecimento vigente no momento da utilização da técnica ou do produto³¹⁵. À vista disso, “toda manipulação em escalas invisíveis (nanos), enquadra-se como uma tecnologia que remete a todo cuidado na aplicação, monitoramento, avaliação e estudos de impacto e riscos”³¹⁶.

Muito embora haja um crescente desenvolvimento dos processos científicos e técnicos na tentativa de controle, revelam também efeitos colaterais ainda não dominados³¹⁷, de modo que, torna a discussão de riscos à saúde e ao meio ambiente equilibrado, pelo menos agora, no começo do século XXI, o mais relevante e o mais complexo frente as dificuldades de abordagens transdisciplinar a serem incorporadas pelo sistema de proteção do direito, que opera de forma transdisciplinar a partir dos elementos sociais (economia, direito, meio ambiente) para determinar novos horizontes de sentidos frente as incertezas científicas e a aspectos que fogem ao controle socioeconômico e estatais³¹⁸.

A complexidade das relações humanas e a ambivalência entre benefícios e riscos³¹⁹, proveniente do desenvolvimento da ciência e da tecnologia remete a movimentos e questionamentos sobre o ritmo e a consciência do avanço que a humanidade está inserida, sobre os efeitos futuros das decisões individuais e coletivas, sobre o papel político e econômico no emprego das novas tecnologias em produtos voltados ao consumo. Além de

³¹⁴ JANCZURA, Rosane. Risco ou vulnerabilidade?. *Textos & Contextos*, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 306, ago./ dez. 2012. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/ojs/index.php/fass/article/view/12173/8639>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³¹⁵ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 175.

³¹⁶ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 163, 2015.

³¹⁷ FREITAS, Carlos Machado de. Avaliação de riscos dos transgênicos orientada pelo princípio da precaução. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 114.

³¹⁸ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 73.

³¹⁹ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Paraná: Honoris Causa, 2011. p. 24.

todos os benefícios, implicações e possíveis impactos, alerta-se sobre os efeitos (nano)toxicológicos.

[...] o grande desafio que está ao lado dessa descoberta científica são os riscos que a mencionada manipulação poderá gerar para os seres humanos e o meio ambiente, pois as investigações científicas, no tocante à nanotoxicologia ainda são muito incipientes. No entanto, apesar disso, as pesquisas continuam e o consumo de produtos com partículas nanométricas já se encontram à disposição dos consumidores, especialmente por meio da internet. Não se sabe ainda os limites dessa investida humana, embora a natureza já tenha estabelecido os seus limites³²⁰.

Ainda que as (nano)tecnologias estejam intrinsicamente ligadas as atividades de natureza e produção visando o bem-estar da humanidade, projetam efeitos de difícil avaliação, ainda não esclarecidos ou compreendidos, parcial ou total, pela ciência. Essa inexatidão da percepção sobre a produção dos riscos (nano)tecnológico abstratos: invisíveis, globais e transtemporais³²¹, é que torna toda política de proteção engessada, com o temor ou de barrar ou de negligenciar com os avanços sociais.

Por trás de toda evolução humana e tecnológica reside uma rede de interesses coletivos e econômicos, sendo retroalimentado um pelo outro³²², tendo sido determinante para as transformações sociais, ruptura de paradigmas e evolução da sociedade contemporânea. Apesar de ser o produtor e disseminador dos riscos marcados pela complexidade³²³, os objetivos são determinados e limitados por uma medida de impactos toleráveis e aceitáveis pela percepção ambiental e social, razão pela qual o processo de informação e educação que compõe a efetiva participação democrática são considerados tão importantes no contexto da sociedade pós-contemporânea.

Nesse processo, através do desenvolvimento científico e tecnológico e das consequentes transformações na sociedade, na natureza e na própria característica e dinâmica das situações e eventos perigosos, o homem passa a ser responsável pela produção e mitigação das ameaças oriundas da intervenção humana nos processos naturais de criação.

³²⁰ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 299-300.

³²¹ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 73.

³²² FREITAS, Carlos Machado de. Avaliação de riscos dos transgênicos orientada pelo princípio da precaução. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 114.

³²³ ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade jurídica e estado ambiental. In: SANTOS, André Leonardo Copetti et al. (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica: programa de pós-graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado*. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: UNISINOS, 2006. p. 145.

Entender e assegurar meios e alternativas para a proteção da saúde humana e do meio ambiente, em particular prever de forma transdisciplinar e probabilisticamente as ameaças invisíveis, catástrofes e desastres ambientais para evitá-los, passou a ser determinante a partir da observação integradora entre as racionalidades das fontes dos saberes³²⁴, o que implica em dizer que o desafio vai além da prevenção, considerada segundo Luhmann, de forma geral, uma preparação contra danos futuros com o objetivo de diminuir a probabilidade de ocorrência ou que a dimensão do dano seja reduzida³²⁵.

Conforme visto, a evolução científica e tecnológica crescente traz consigo uma enorme gama de preocupações e reflexões a serem feitas sobre os seus efeitos nocivos ao meio ambiente, já que “os riscos ecológicos gerados pelas novas tecnologias tratam-se, na maioria das vezes, de riscos abstratos, e seu contexto de incerteza científica tem grande conexão com a principal característica dos problemas ecológicos, ou seja, a complexidade”³²⁶.

Assim, a “ciência ajuda a produzir o discurso dos riscos e, de modo geral, esta transforma-se em elemento estruturante deste discurso, tornando-se base de uma biossociabilidade ao organizar parâmetros de existência, modos de escolha e de ação”³²⁷. Portanto, os riscos “devem ser vislumbrados como um meio comunicativo para construir observações acerca do futuro”³²⁸, onde “as coisas podem ser mais complexas, devendo-se avançar-se como uma metódica da diferenciação que permita um adequado tratamento dos riscos”³²⁹, a partir de uma “comunicação orientada de forma construtivista e geradora de vínculos com o horizonte do futuro, programando as ações em sociedade, a partir de decisões jurídicas”³³⁰, pois o preço que a sociedade deve pagar pelo progresso material vai muito além dos benefícios em certos casos, traduz-se na indeterminação de uma racionalidade – o homem como medida de todas as coisas³³¹ - alicerçada na técnica, que denota prejuízos indeterminados e invisíveis, ocultados pelos benefícios e supostos avanços sociais. Em todo caso, emerge conflitos a serem considerados e resolvidos pela aplicação do Direito.

³²⁴ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 61.

³²⁵ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 73.

³²⁶ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 74.

³²⁷ ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. *Nanobiotecnologias, biopolítica e novas sociabilidades*. [S.l.], 2008. p. 23. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/534.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015. p. 23.

³²⁸ CARVALHO, op. cit., p. 76.

³²⁹ LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 81.

³³⁰ CARVALHO, op. cit., p. 76.

³³¹ OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 178.

O processo de decisões jurídicas produzido pela incerteza resta preenchido pela inserção dos princípios ambientais como instrumento que permite uma potencial abertura do direito para a construção de elementos de comunicação³³², essencialmente volta-se para a “assimilação jurídico-dogmática da transdisciplinariedade”, instrumentalização “fundamental para observação, legitimação e integração da policontextualidade social, através de processos de tomada de decisões jurídicas estimuladoras de processos co-evolutivos³³³.

O uso de novas tecnologias sempre esteve associado ao desenvolvimento econômico bem como ao risco. Vale lembrar que desde o início dos anos 80 houve um elevado processo de transformação política e institucional reavivando uma nova conscientização ambiental, diga-se de passagem, estimulada pela ocorrência de vários acidentes ecológicos de impacto e repercussão internacional, como os experimentados em Bopal, na Índia e Chernobyl, na União Soviética, além da constante preocupação com o efeito estufa, mudança climática, chuva ácida, dentre tantas outras, que remete a uma constante reavaliação do modelo de produção e consumo da sociedade contemporânea, com diretrizes e espaços para a construção de uma nova ética para o desenvolvimento, com respeito as diversidades e reflexão quanto ao nível de especialização da atividade de intervenção humana na manipulação e reprodução de materiais³³⁴ em escala atômica, situação que reforça a necessidade e intensificação do diálogo entre os atores do atual cenário (nano)tecnológico, principalmente sobre os efeitos retardados da absorção de resíduos que contaminam invisivelmente o meio ambiente e o ser humano.

A configuração da sociedade contemporânea, de produção e consumo exacerbado, descarta uma enorme gama de produtos, muitos dos quais prometem ser revolucionários. No entanto, o que não se sabe ou se tem consciência, devido à falta de informações, é que as características e propriedades desenvolvidas pela manipulação da matéria (nanotecnologias), em níveis de invisibilidade, torna-se um novo obstáculo para a segurança de sua aplicação e avaliação científica, atualmente insuficientes para o dimensionamento e previsão de seus efeitos e impactos.

A enorme quantidade de artigos manufaturados a partir dessa técnica, já lançadas no mercado, sem uma profunda percepção e avaliação dos riscos revela exatamente a distância entre consciência social e a efetiva participação na tomada de decisões e requer “a

³³² CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 69.

³³³ *Ibid.*, p. 61.

³³⁴ MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 62.

necessidade de formação de critérios específicos para processos de tomada de decisão em contextos de incertezas científicas”³³⁵.

A submissão ao próprio desejo de progresso, sob forte influência do consumo, sem controle crítico sobre a potencialidade dos efeitos nocivos, prejudiciais a sadia qualidade de vida das presentes e futuras gerações, conduz a uma atuação do ser humano como verdadeiras cobaias, vítimas do próprio sucesso³³⁶, com isso a “imputação de responsabilidades pelo controle dos riscos e dos efeitos negativos de novas tecnologias tende a recair para os indivíduos e muito menos para grupos sociais associados a processos decisórios (como a comunidade científica) ou à sociedade de forma geral”³³⁷.

O modelo de desenvolvimento acaba produzindo o efeito “bumerangue”³³⁸, uma ação e reação, efeito e consequência, que no caso das nanotecnologias, pode “atingir um número indeterminado de sujeitos, naquilo que a dogmática jurídica denomina interesses transindividuais (difusos e coletivos)”³³⁹.

Por outra perspectiva, tem-se que os riscos são inerentes as atividades exploradoras e respondam objetivamente por eventuais danos causados ao meio ambiente, restando evidente as “necessidades de desenvolvimento de abordagens analíticas e de instrumentos e intervenção econômica para impulsionar os processos de inovação para o desenvolvimento sustentável em sua acepção ampla”³⁴⁰, do contrário, estar-se-ia engessando o progresso da civilização. Igualmente, a conjugação de tais vetores e valores indica a necessidade não só de avaliação do “que é ‘melhor’, mais ‘útil’ ou benéfico para o corpo social, mas saber quem define o ‘melhor’, bem como o ‘motivo’ da escolha”³⁴¹, para que em certo grau de generalização de riscos, a atuação do poder público não seja adiada, mas que a decisão seja produtora de direcionamento e atuação voltada a minimização e ou controle das condições de eventual ocorrência de desastres tecnológicos, bem como possibilite criar mecanismos e

³³⁵ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 74.

³³⁶ JAMIESON, Dale. *Ética e meio ambiente: uma introdução*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010. p. 34.

³³⁷ ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. *Nanobioteologias, biopolítica e novas sociabilidades*. [S.l.], 2008. p. 23. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/534.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³³⁸ Sobre o efeito Bumerangue assevera Ulrich Beck: “Contido na globalização, e ainda assim claramente distinto dela, há um padrão de distribuição dos riscos no qual se encontra um material politicamente explosivo: cedo ou tarde, eles alcançam inclusive aqueles que os produziram ou que lucraram com eles. [...] A produção de riscos da modernização acompanha a *curva do bumerangue*. [...] Esse efeito socialmente circular de ameaça pode ser generalizado: sob a égide dos riscos da modernização, cedo ou tarde, se atinge a *unidade entre culpado e vítima*”. BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 44-45.

³³⁹ CARVALHO, op. cit., p. 75.

³⁴⁰ MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 49.

³⁴¹ LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 91.

instrumentos que permitam de alguma forma conter ou neutralizar eventuais efeitos produzidos pelas (nano)tecnologias³⁴².

Essa complexa *teia* desafia nossa compreensão e indica que qualquer tentativa de compreender teórica e analiticamente a relação entre tecnologia e sociedade deve levar em conta a influência definitiva da tecnologia no comportamento social e os resultados sociais do uso desta mesma tecnologia, pois ela é, em maior parte, decisiva em seus efeitos sobre o trabalho e sobre as instituições e corporações na sociedade³⁴³.

A utilização exponencial das novas (nano)tecnologias como fonte solucionadora de todos os problemas da sociedade, indica um porvir formatado por “uma ambiência absorvente, cujas fronteiras, demarcam a (sobre)vivência da humanidade”³⁴⁴. Segundo aduz Douglas e Wildavsky a “classificação de riscos (pré-requisito de qualquer avaliação de riscos), com vistas a determinar qual deles enfrentar e em que ordem, requer um acordo prévio quanto ao critério. Não há mecânica de elaborá-la”³⁴⁵.

A aceitabilidade dos riscos é uma questão de juízo – e, hoje em dia, os juízos divergem. Entre a percepção privada e subjetiva e a ciência pública e física, estende-se a cultura, um campo intermediário de crenças e valores comuns. A atual divisão do sujeito que ignora a cultura é arbitrária e contrapudente³⁴⁶.

Dessa forma, enquanto perdurar interrogações, carência de gestão pelo setor privado, bem como de políticas públicas voltadas a informação e participação da sociedade no processo de decisão do rumo das (nano)tecnologias, o uso ou desenvolvimento delas ecoará, no tempo e no espaço, nos direitos fundamentais da presente e das futuras gerações, possivelmente potencializando a produção de riscos para o direito à vida, à saúde, à liberdade, à igualdade e ao meio ambiente³⁴⁷.

³⁴² GOMES, Carla Amado. Subsídios para um quadro principiológico dos procedimentos de avaliação e gestão do risco ambiental. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, São Leopoldo, v. 3, n. 2, p. 143, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/1399/1767>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³⁴³ LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 92.

³⁴⁴ *Ibid.*, p. 94.

³⁴⁵ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 03.

³⁴⁶ *Ibid.*, p. 184.

³⁴⁷ ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Desenvolvimento das nanotecnologias, precaução e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. In: Clóvis Eduardo Malinverni da Silveira. (Org.). *Princípios do direito ambiental: atualidades*. Caxias do Sul: EDUCS, 2012. v. 1, p. 82.

Tratando-se de nanotecnologias poucas são as fontes de informações sobre a sua classificação, principalmente sobre questões toxicológicas e fases de experimentação. Se existem, no mínimo deveriam ser melhor divulgadas, com maior área de penetração informativa e de debates acerca de suas implicações sociais. Imprescindível, portanto, a existência efetiva de um plano de gerenciamento da experimentação nanotecnológica, pois uma vez liberados no ambiente será praticamente impossível controlá-las³⁴⁸.

À vista disso, os princípios constitucionais e o Direito³⁴⁹ exercem papel essencial na construção de marcos regulatórios, controle e direcionamento social³⁵⁰, sem perder de vista que deve partir de uma nova cultura, na qual a sociedade compreenda que o homem é “apenas mais um elemento integrante da natureza e que em sua preservação e melhoria residem às bases de nossa qualidade de vida”³⁵¹. Para os fins dessa dissertação, apesar de existirem diversos princípios de Direito Ambiental, optou-se pela análise dos que seguem, elencados como fundamentais para o modelo de gestão dos riscos das nanotecnologias.

3.1.1 Princípio da Prevenção

Em face da necessidade de se obter a mais ampla defesa aos danos ambientais conhecidos pelo homem, “as características das Constituições modernas acabam por ser irradiadas para os elementos ambientais. Isso se verifica, em última análise, na perspectiva aberta que tais estruturas devem manter”³⁵².

Nesse sentido, “o texto da lei é apenas uma referência, um norte ou um indicativo para o juiz, que deve viver no mundo em que instrui e julga, de forma que possa realizar, minimamente, aquilo que a sociedade a quem se dirige suas manifestações jurisdicionais espera do sistema judiciário”³⁵³. A “história tem demonstrado, também, que não apenas os textos de lei, mas notadamente os princípios sobre os quais elas se assentam, determinam

³⁴⁸ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 159, 2015.

³⁴⁹ Alicerçado pelo conjunto normativo ambiental e seus instrumentos jurídicos, alicerçados na prevenção, precaução e informação.

³⁵⁰ LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 90.

³⁵¹ MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 53.

³⁵² FERRI, Caroline; GRASSI, Karine. A incorporação do conceito de estado de direito ambiental na teoria do estado constitucionalista e o papel dos princípios de direito ambiental. In: SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). *Princípios do direito ambiental: articulações teóricas e aplicações práticas*. Caxias do Sul: Educs, 2013. p. 199.

³⁵³ ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010. p. 21.

efetivamente os rumos da sociedade”³⁵⁴. Dessa maneira, o princípio da prevenção constitui “a base de todos os instrumentos e políticas ambientais, para que ocorra efetivamente o princípio do desenvolvimento sustentável”³⁵⁵.

Efetivamente, por meio das Constituições “a sociedade fixa, em vista do momento histórico e das necessidades sociais daí decorrentes, quais as direções que, em cada área de interesses e níveis de aplicação, deseja ver implementada, através de normas específicas ou princípios de caráter geral”³⁵⁶. Tais previsões restaram recepcionadas no caput do art. 225 da Constituição Federal de 1988, em harmonia com os princípios fundamentais (art. 1º)³⁵⁷ e seus objetivos (art. 3º)³⁵⁸.

A tutela preventiva, da mesma forma, encontra-se prevista na legislação infraconstitucional. Resta consagrada na Política Nacional do Meio Ambiente - Lei nº. 6.938/81³⁵⁹, que institui também o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), “com a finalidade de estabelecer uma rede de agências governamentais, nos diversos níveis da

³⁵⁴ ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010. p. 21.

³⁵⁵ D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 62-63.

³⁵⁶ ADEDE Y CASTRO, op. cit., p. 22.

³⁵⁷ Art. 1º. A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos: I - a soberania; II - a cidadania; III - a dignidade da pessoa humana; IV - os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa; V - o pluralismo político. Parágrafo único. Todo o poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constitucao/constitucao_compilado.htm>. Acesso: 24 jun. 2015.

³⁵⁸ Art. 3º. Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: I - construir uma sociedade livre, justa e solidária; II - garantir o desenvolvimento nacional; III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; IV - promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação. Ibid.

³⁵⁹ Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo; II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental; VIII - recuperação de áreas degradadas; (Regulamento) IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação; X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente. [...] Art. 5º - As diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente serão formuladas em normas e planos, destinados a orientar a ação dos Governos da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios no que se relaciona com a preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico, observados os princípios estabelecidos no art. 2º desta Lei. Parágrafo único - As atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente. 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/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Federação, visando a assegurar mecanismos capazes”³⁶⁰ de implementar o cumprimento dos “princípios, diretrizes e mecanismos de formulação e aplicação [...] que deverão ser observados e conjugados com as demais políticas sociais, econômicas, urbanísticas e tecnológicas, desenvolvidas”³⁶¹ para atender aos objetivos nela estabelecidos, ou seja, qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico.

O corpo normativo³⁶², que vem de encontro a tutelar o meio ambiente e a qualidade de vida das presentes e futuras gerações revela uma “matriz axiológica do princípio da prevenção, em que pese não aparecer a expressão ‘princípio da prevenção’ no seu texto”³⁶³, sendo que as legislações nacionais e internacionais “agasalharam este princípio, que prioriza as medidas preventivas, no adágio popular que é melhor prevenir do que remediar”³⁶⁴. Dessa maneira, evidencia-se o aperfeiçoamento do direito, alçado de um “direito de danos” para um “direito de riscos” a partir do momento que “integra ao paradigma vigente uma dimensão transtemporal, concebido como instrumento de prevenção (programação finalística), e não apenas de reparação e recuperação (programa condicional)”³⁶⁵.

Essa evolução revela que a prevenção *lato sensu* passa a intermediar a decisão e o risco³⁶⁶. Nessa trilha, a atuação da jurisprudência vem demonstrando a sua eficácia na operacionalização e aplicação da prevenção em matéria ambiental, sendo “verificada de modo bastante recorrente, muitas vezes inclusive de forma simultânea com o princípio da precaução”³⁶⁷, uma vez que “a produção dos riscos concretos e abstratos pela sociedade pós-industrial acarreta a formação de uma comunicação jurídica acerca dos riscos ambientais sob a noção normativa trazida pela prevenção *lato sensu*”³⁶⁸.

³⁶⁰ MARCHESAN, Ana Maria Moreira; STEIGLEDER, Annelise Monteiro; CAPPELLI, Sílvia. *Direito ambiental*. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2004. p. 53.

³⁶¹ D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Editora Revisto dos Tribunais, 2009. p. 90.

³⁶² O corpo normativo infraconstitucional vem notoriamente avançando e mais “recentemente, o princípio da prevenção resultou consagrado, de forma expressa, no art. 6º, parágrafo único, da Lei da Mata Atlântica (Lei n. 11.428/2006) e no art. 3º da Lei da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei n. 12.187/2009)”. SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014. p. 162.

³⁶³ *Ibid.*, p. 162.

³⁶⁴ SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 61.

³⁶⁵ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 54.

³⁶⁶ “Na dogmática do direito ambiental, a produção dos riscos concretos e abstratos pela sociedade pós-industrial acarreta a formação de uma comunicação jurídica acerca dos riscos ambientais sob a noção normativa trazida pela prevenção *lato sensu* (que abarca os princípios da prevenção e da precaução)”. *Ibid.*, p. 77.

³⁶⁷ SARLET, op. cit., p. 162.

³⁶⁸ CARVALHO, op. cit., p. 76.

O alinhamento com os direitos fundamentais institucionalizados “segundo a dinâmica evolutiva social”³⁶⁹, vem de encontro a “dupla exigência que se impõe ao juiz, ou seja, fazer com que a decisão se harmonize o melhor possível com a jurisprudência anterior e ao mesmo tempo a atualize (justifique) conforme a moral política da comunidade”³⁷⁰, pois o Poder Judiciário está inserido no núcleo do sistema da comunicação e tem como função primordial superar os paradoxos e tomar decisões em face das indeterminações e das incertezas produzidas pelo processo de desenvolvimento da sociedade³⁷¹.

Os agentes nocivos que promovem o dano ambiental, conseqüentemente prejudicial a qualidade de vida e a saúde humana, estão inseridos em um contexto de complexidade e não são totalmente dominados pelo homem, insere-se neles, causas e fatores desconhecidos pela ciência, tais como os potenciais efeitos oriundos da aplicação de novas tecnologias em produtos manufaturados ao consumo, como é o caso das nanotecnologias³⁷². A percepção desse risco ainda são um mistério tanto para a ciência quanto para o público, que apesar de já consumir produtos desenvolvidos com base nessa tecnologia, em geral, sequer tem conhecimento e informações adequadas, já que não há qualquer tipo de regulação específica, tampouco exigências para rotulagem e identificação no manufaturado, portanto, a sociedade permanece leiga e alheia ao processo de decisão³⁷³, confinada a racionalidade da ciência e da técnica.

³⁶⁹ Direitos protetivos de primeira geração (Direitos Civis e Políticos), de segunda geração (Direitos Sociais), terceira geração (Direitos Humanos), neste último enquadra-se o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida (art. 225, CF), caracterizado como um direito humano a partir da conferência de Estocolmo (1972). CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 54-56.

³⁷⁰ ROCHA, Leonel Severo. Matrizes teórico-políticas da teoria jurídica contemporânea. *Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 10-24, jan. 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/16136>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³⁷¹ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 37.

³⁷² Wilson Engelmann destaca que “as nanotecnologias são o exemplo mais significativo de processos e produtos de inovação. Para tanto, também será necessária uma nova forma de gestão de inovação, perpassada pelo viés transdisciplinar, pois escapa da seara meramente econômica, necessitando de outras áreas do conhecimento para se fazer eficaz e competitiva”. ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 300.

³⁷³ A percepção pública sobre riscos e benefícios das nanotecnologias é abordada no relatório de informações consolidadas dos estudos da ABDI publicados em 2011, tendo sido considerada um ponto chave contudo complexo, destacando que “o problema para experts, reguladores, negócios, indústrias e formuladores de políticas é que o público usa um cálculo não-razional, baseado numa matriz de atitudes e convicções (“valores”), para decidir sobre assuntos relacionados a risco, sendo que os algoritmos de avaliação de riscos dos profissionais não incluem tais variáveis não-razionais”. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 13. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20 Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf)>. Acesso: 24 jun. 2015.

Isso revela outra face do debate, pois se considera que “a definição de perigo é sempre uma construção cognitiva e social”³⁷⁴, o que significa que para o conhecimento os riscos e efeitos “estão, assim, em certa medida, abertos a processos sociais de definição”³⁷⁵.

[...] 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)³⁷⁶.

Assim, abre-se uma nova janela de reflexão para a questão de como os “riscos são escolhidos” ou se o “risco é um constructo coletivo” para ser abordado³⁷⁷. Igualmente, “surge a questão de quem ou qual é o órgão que decide se um risco deve ser levado em conta ou não (e em que horizonte objetivo e temporal)”³⁷⁸. Nesse sentido, considerado o fato de que a “prevenção é a ótica diretriz, a pedra de toque em matéria de meio ambiente”³⁷⁹, importa evidenciar que “a noção de risco consiste em uma importante forma de comunicação para evitar os danos ambientais, dando margem à formação de uma comunicação jurídica acerca do risco”³⁸⁰. Deste modo, “opera com o objetivo de antecipar a ocorrência do dano ambiental na sua origem [...] evitando-se, assim, que o mesmo venha a ocorrer”³⁸¹.

Deve-se ter em conta que, aplica-se em situações onde há certeza e conhecimento quanto aos riscos de danos ambientais, em especial quando se possa “com segurança, estabelecer um conjunto de nexos de causalidade de que seja suficiente para a identificação dos impactos futuros mais prováveis”³⁸², portanto, deve “constituir-se em regra e a reparação em exceção, pois, por mais eficiente que se tenha por desenvolvido um processo de reparação, houve, no mínimo, o prejuízo da espera”³⁸³. Nesse caso já se pode visualizar a complexidade na atribuição entre a causa e os efeitos de danos ambientais e humanos quando o assunto se trata de nanotecnologias.

³⁷⁴ BECK, Ulrich. A Reinvenção da Política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Uesp, 2012. p. 19.

³⁷⁵ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 27.

³⁷⁶ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidad Iberoamericana, 1992. p. 46.

³⁷⁷ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 28 e 177.

³⁷⁸ LUHMANN, op. cit., p. 46.

³⁷⁹ D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Revisto dos Tribunais, 2009. p. 63.

³⁸⁰ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 77.

³⁸¹ SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014. p. 160.

³⁸² ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2008. p. 45.

³⁸³ D’ISEP, op. cit., p. 63.

Em que pese, as nanotecnologias sejam um grande desafio para o direito ambiental, algumas medidas regulatórias podem ser tomadas para assegurar a prevenção de danos, com o objetivo de operacionalizar e assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Nessa perspectiva, vale lembrar que a Constituição Federal dispõe no art. 225, parágrafo primeiro, inciso IV, sobre a obrigatoriedade do estudo de impacto ambiental – EIA/RIMA, “instrumento administrativo para identificar a ocorrência de danos ambientais de forma antecipada, tornando possível a adoção de medidas preventivas para evitar a sua ocorrência ou ao menos sua mitigação”³⁸⁴.

Além disso, para se alcançar as metas de crescimento sustentável no modelo produtivo e ostensivo oriundo do processo de desenvolvimento econômico e capitalista, o poder público, considerando-se uma dimensão negativa e outra positiva³⁸⁵, operacionaliza o princípio da prevenção por meio da realização do estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), sem prejuízo de outras medidas³⁸⁶.

Por outro lado, apesar da norma constitucional ter tratado de forma ímpar o estudo de impacto ambiental, tornando-a norma constitucional, nem sempre será admitido, pois “o referencial à exigência do estudo encontra-se vinculado ao efeito e à impactação que possa causar e não propriamente à natureza do empreendimento (obra, atividade, construção, etc.)”³⁸⁷, de tal forma que revela um questionamento e debate acerca do controle dos empreendimentos (nano)tecnológico, onde os impactos são totalmente desconhecidos.

Entretanto, considera-se que o estudo para tais empreendimentos se reveste de caráter preventivo e objetiva “evitar que um projeto, justificável sob o prisma econômico, ou em relação aos interesses imediatos de seu proponente, se revele posteriormente nefasto para o meio ambiente”³⁸⁸, portanto, o procedimento prévio pode ser o caminho para à outorga da licença prévia para a exploração das (nano)tecnologias, tanto no processo de desenvolvimento

³⁸⁴ SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014. p. 162.

³⁸⁵ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 21, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015. Consultar também: CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 34-41.

³⁸⁶ “[...] tombamento, zoneamento ambiental, sanções administrativas, vigilância, contrapropaganda etc.; e à coletividade (individualmente ou de forma organizada – ONGs ou associações civis): ação popular, mandado de segurança (coletivo), mandado de injunção, ação civil pública, participação em audiências públicas, entre outros”. D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Editora Revisto dos Tribunais, 2009. p. 70.

³⁸⁷ FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 222.

³⁸⁸ MARCHESAN, Ana Maria Moreira; STEIGLEDER, Annelise Monteiro; CAPPELLI, Sílvia. *Direito ambiental*. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2011. p. 112.

e estudo, como de fato na sua rede de aplicação e produção manufaturada³⁸⁹, ladeado ao sistema da logística reversa (SLR) como interface do Direito.

Dessa forma, considerando-se que o impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança, e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais³⁹⁰, pode-se sugerir, inclusive, a adaptação do EIA/RIMA para o aperfeiçoamento e também a elaboração de um *Estudo Complementar e Relatório de Impacto dos (Nano)produtos no Meio Ambiente*, levando em consideração as composição dos nanomateriais aplicados e os efeitos do descarte pós-consumo (potencial de degradação e acumulação, interação e reatividade dos nanoresíduos com o meio físico, químico e biológico, toxicidade ambiental e humana), de modo que se constitua em uma possível ferramenta compatível com o processo de licenciamento, condicionando-o a construção de um programa de acompanhamento e monitoramento do ciclo de vida dos nanoproductos e possíveis impactos presentes ou futuros, atendendo assim, a legislação e diretrizes estabelecidas no artigo 5º da Resolução nº 1/86 do Conama³⁹¹ e na Lei nº 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente).

A prevenção também restou reafirmada e contemplada no princípio 17 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO 92³⁹², que veio reafirmar e avançar

³⁸⁹ Nesse sentido, caberá ao empreendedor, diante a presunção esculpida pela carta magna, demonstrar que a atividade não é significativamente impactante ao meio ambiente e, portanto, não sujeito ao estudo de impacto ambiental.

³⁹⁰ Art. 1º da Resolução Conama nº 1/86.

³⁹¹ Artigo 5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais: I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto; II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza; IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade. Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental o órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³⁹² “Na reunião — que ficou conhecida como Rio-92, Eco-92 ou Cúpula da Terra —, que aconteceu 20 anos depois da primeira conferência do tipo em Estocolmo, Suécia, os países reconheceram o conceito de desenvolvimento sustentável e começaram a moldar ações com o objetivo de proteger o meio ambiente. Desde então, estão sendo discutidas propostas para que o progresso se dê em harmonia com a natureza, garantindo a qualidade de vida tanto para a geração atual quanto para as futuras no planeta”. CONFERÊNCIA Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. *Em Discussão*, Brasília, DF, n. 3, n. 11, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>>. Acesso: 24 jun. 2015.

nos resultados desenvolvidos com a obtenção e elaboração de 26 (vinte e seis) princípios ditados na carta de colaboração firmada entre as nações, resultado da Declaração de Estocolmo realizada em 1972³⁹³, todos voltados a “noção de antecipação, ou seja, de um agir bem antes da iminência”³⁹⁴ de um dano, portanto, “uma manifestação e instrumentalização do princípio do desenvolvimento sustentável”³⁹⁵. Já na Rio+ 20, como resultado do futuro desejado, resta reafirmado de forma muito ampla, apenas consignado como visão comum o respeito ao instituído pelos princípios da Carta³⁹⁶.

Mormente, o argumento de incertezas científicas não pode constituir-se em um entrave para a condução de ações preventivas em proteção ao meio ambiente por parte do poder público e da coletividade³⁹⁷, na medida em que “sempre haverá uma forma diferente de dizer a mesma coisa, em vista de novas realidades sociais e recentes descobertas científicas, que exigem do homem mente aberta a modernas de entender e aplicar o direito”³⁹⁸, mais do que isso, como fenômeno social, reorganizá-lo e compatibilizá-lo ao contexto de hipercomplexidade da sociedade contemporânea, onde aflora o panorama de debate sobre o riscos e a potencialidade de danos irreversíveis oriundo das decisões sobre a produção, aplicação, uso e descarte de novas tecnologias, e sobre os efeitos na saúde humana e no meio ambiente, ou seja, transitando sob uma ótica transdisciplinar e de comunicação entre os sistemas sociais.

Conforme preceitua os dispositivos constitucionais, o “potencial político da sociedade de risco tem de se desdobrar e ser analisado numa sociologia e numa teoria do surgimento e da disseminação do conhecimento sobre os riscos”³⁹⁹, pois o desenvolvimento e o progresso humano deve ser entendido como “uma longa e imprevisível caminhada, e não como um mito

³⁹³ NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

³⁹⁴ D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 63.

³⁹⁵ *Ibid.*, p. 64.

³⁹⁶ Como resultado final da visão comum resta consignado: “7. Reafirmamos que continuamos a ser guiados pelos propósitos e princípios da Carta das Nações Unidas, e com pleno respeito pelo direito internacional e os seus princípios”. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração final da conferência das nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável (RIO + 20): o futuro que queremos*. Rio de Janeiro, 12 ago. 2012. p. 4. Disponível em: <<http://www.rets.org.br/sites/default/files/O-Futuro-que-queremos1.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

³⁹⁷ Constitui o fundamento para invocação do Princípio da Precaução, ou seja, quando se suspeita que uma ação ou política seja capaz de causar danos ao público ou ao meio ambiente e inexistente consenso científico sobre tal ação ou política é nociva, o ônus da prova de que ela não é prejudicial recai sobre aqueles que a realizaram. DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012 [No prologo].

³⁹⁸ ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010. p. 20.

³⁹⁹ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 28.

renovado por um aparato ideológico interessado em nos convencer que a história tem destino certo e glorioso”⁴⁰⁰.

Por prevención deve entenderse aquí, en general, una preparación contra daños futuros no seguros, buscando ya sea que la probabilidad de que tengan lugar disminuya, o que las dimensiones del daño se reduzcan. La prevención se puede practicar, entonces, tanto ante el peligro como ante el riesgo⁴⁰¹.

Sobretudo, a prática do princípio da prevenção “está evidenciada toda vez que o tratado, lei ou norma fizer alusão a termos como planejamento, fiscalização, controle, zoneamento, manutenção, racionalização do uso”⁴⁰², devendo, portanto, ser “concretizadas por meio de uma consciência ecológica, a qual deve ser desenvolvida através de uma política de educação ambiental”⁴⁰³, pois “além de compartilhar informações e conhecimentos pertinentes aos procedimentos de gestão, sensibiliza, mobiliza e promove a participação, a cooperação e o diálogo [...]”⁴⁰⁴, cenário que promove o exercício da cidadania e da responsabilidade com a prática sustentável.

3.1.2 Princípio da Precaução

No contexto de hipercomplexidade social o manejo do princípio da precaução “abre caminho para uma nova racionalidade jurídica, mais abrangente e completa, vinculando a ação humana presente a resultados futuros”⁴⁰⁵, pois o “que nós não queremos, sabemos muito antes do que aquilo que queremos. Por isso, para investigar o que realmente valorizamos, a filosofia moral tem de consultar o nosso medo antes do nosso desejo”⁴⁰⁶. Com isso, “se imaginou uma nova proteção da sociedade contra os riscos ainda incomuns e incertos, neutralizando assim os efeitos das incertezas científicas e colocando em causa os experts”⁴⁰⁷.

⁴⁰⁰ DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 59.

⁴⁰¹ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade, 1992. p. 73.

⁴⁰² D’ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 64.

⁴⁰³ FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 118.

⁴⁰⁴ PEDRINI, Alexandre de Gusmão; LIMA, José Lindomar Alves de; SÁNCHEZ, Celso. Educação ambiental e trabalhadores no contexto empresarial. In: SÉGUIN, Elida (Coord.). *Meio ambiente do trabalho*. Rio de Janeiro: GZ Ed., 2011. p. 80.

⁴⁰⁵ SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014. p. 164.

⁴⁰⁶ HANS, Jonas. *O princípio da responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 71.

⁴⁰⁷ D’ISEP, op. cit., p. 65.

O princípio da precaução é caracterizado pela incerteza do dano ambiental, tipologia do risco ou da ameaça, “especificamente, determina que os perigos ao meio ambiente sejam eliminados antes mesmo da comprovação científica do nexo de causalidade entre o risco e o dano ambiental [...]”⁴⁰⁸, já que “aquilo que hoje é visto como inócuo amanhã poderá ser considerado extremamente perigoso e vice-versa”⁴⁰⁹. Em relação a nanotecnologias refere Pereira,

Por esse princípio, se não houver dados sobre a saúde e a segurança dos nanomateriais também não haverá mercado para eles. Deve ser estudado as propriedades dos nano produtos antes de ser comercializado, pois após ser consumido reparar os possíveis danos se torna inviável⁴¹⁰.

Assim como na prevenção, a precaução resta prevista pela carta máxima no artigo 225, §1º, IV e V⁴¹¹ da Constituição Federal, que impõe o estudo prévio de impacto ambiental. Igualmente, a Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92) contempla no princípio nº 15, a proteção do meio ambiente como objetivo a ser alcançado pelo poder público, bem como estabelece que diante de “ameaças de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”⁴¹². Na Rio+20 embora não tenha tido uma abordagem direta, reafirma-se face a preocupação com os riscos e desastres ambientais, identificando-se a necessidade de avanços interdisciplinares

⁴⁰⁸ PILATI, Luciana Cardoso; DANTAS, Marcelo Buzaglo. *Direito ambiental simplificado*. Coordenador José Rubens Morato Leite. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 20.

⁴⁰⁹ ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010. p. 28.

⁴¹⁰ BURTET, Giani; PEREIRA, Reginaldo. Princípios da nanotecnologia nos Estados Unidos da América: poder executivo e organizações não-governamentais. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 147. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴¹¹ Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. [...] IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; [...]” BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁴¹² NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

associados a investimentos sociais para assimilação dos riscos e preparação para o enfrentamento dos efeitos propriamente dito⁴¹³.

Isso significa que o desenvolvimento da (nano)tecnologia deverá trilhar segundo esses objetivos, preservando “a missão constitucional de proteger o ambiente e o ser humano contra os danos potenciais acobertados pelo uso disseminado da técnica potencialmente lesiva a tais bens constitucionais”⁴¹⁴. De forma que, revela ter que fazer uso de métodos de monitoramento dos riscos e da rastreabilidade dos produtos como aporte para projetar e compreender a potencialidade de futuros impactos e perigos gerados pelos efeitos da exposição e ou descarte dos produtos nanos, seja por contato direto na manipulação de nanopartículas ou em contato com o meio ambiente, exercendo um papel muito importante como norteador na tomada de decisões e na formação de um marco regulatório⁴¹⁵.

Por isto, considerado a velocidade e o rumo do desenvolvimento global e tecnológico, “nós não temos o direito de escolher a não-existência de futuras gerações em função da existência da atual, ou mesmo de as colocar em risco”⁴¹⁶, quando se pode adotar medidas de restrição da produção e comercialização de novas tecnologias nos casos onde as pesquisas ainda não são conclusivas e pairam muitas dúvidas sobre a existência de riscos e perigos para a saúde humana e degradação do meio ambiente. Por outro lado, precisa-se compreender que “a negação de um risco, qualquer que seja sua índole, constitua também, a sua vez, um risco. Com isso se põe também de manifesto efeito prático desta transição em segundo ou terceiro nível de observação”⁴¹⁷ para construir alternativas, recursos e instrumentos para uma proteção antecipada.

[...] Enquanto o perigo for desconhecido não se saberá o que há para se proteger e por que devemos fazê-lo: por isso, contrariando toda lógica e método, o saber se origina daquilo contra o que devemos nos proteger. Este aparece primeiro e, por meio da sublevação dos sentimentos, que se antecipa ao conhecimento, nos ensina a enxergar o valor cujo contrário nos afeta

⁴¹³ VIGLIO, José Eduardo et al. A ciência na RIO+20. *Idéias*, Campinas, n. 5, nova série, p. 15, 2. sem. 2012. Disponível em: <www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/download/1033/731>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴¹⁴ FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 62.

⁴¹⁵ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 126.

⁴¹⁶ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 48.

⁴¹⁷ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 61.

tanto. Só sabemos o que está em jogo quando sabemos que isto ou aquilo está em jogo⁴¹⁸.

A precaução, portanto, “opera justamente como um filtro normativo para prevenir tais situações, considerando a ausência de domínio científico em relação à determinada técnica ou substância”⁴¹⁹ e conecta “duas características: a técnica e o olhar axiológico, focado no ser humano e no meio ambiente”⁴²⁰. Assim, o debate tecnológico acerca dos riscos desconhecidos e incertos do desenvolvimento das novas (nano)tecnologias envolve e “exige a tomada de decisões em momentos fundamentais da pesquisa, ou seja, no seu início e na identificação do estágio onde se deve parar para avaliação”⁴²¹. Isso atrai discussões sobre os princípios a serem perseguidos e coloca o operador jurídico com a tarefa e a responsabilidade de se nortear segundo os preceitos constitucionais e em perfeito equilíbrio no dimensionamento de suas decisões.

[...] o operador do sistema jurídico deve ter como fio condutor o princípio da precaução, interpretando os institutos jurídicos que regem tais relações sociais com a responsabilidade e a cautela que demanda a importância existencial dos bens jurídicos ameaçados, quais sejam: os direitos fundamentais à vida, à saúde, ao meio ambiente e o princípio da dignidade da pessoa humana (das presentes e futuras gerações)⁴²².

As “incertezas provocadas pela tecnologia, pela globalização e pela complexização das relações sociais exigem por si só práticas preventivas e antecipatórias. Essas práticas são norteadas, por sua vez, pelo princípio da precaução”⁴²³, em perfeita conjunção forjada pela ética do futuro ou também chamada “equidade intergeracional, de forma que as nossas ações presentes devem ser pautadas por um comportamento ético em relação às gerações do porvir”⁴²⁴.

Assim sendo, sobressai a cautela e posturas precaucionais diante o temor de desastres futuros em razão da probabilidade de degradação e desastres ou pela falta de uma correta avaliação dos impactos no meio ambiente, decorrentes dos efeitos e exposições oriundas da aplicação de novas tecnologias, em especial ao descarte de resíduos nanotecnológico.

⁴¹⁸ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 70.

⁴¹⁹ SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014. p. 164.

⁴²⁰ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 127.

⁴²¹ *Ibid.*, p. 128.

⁴²² FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008. p. 80.

⁴²³ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 71.

⁴²⁴ ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010. p. 28.

No âmbito da precaução, o grau de avaliação das projeções futuras sobre os efeitos da aplicação e uso das novas (nano)tecnologias são essenciais para uma tomada de decisões, uma vez que somos incapazes de prever o futuro das invenções e para atender aos conchabos de precaução, tão somente “um prognóstico de curto prazo, intrínseco a todas as obras da civilização técnica, não pode bastar para o prognóstico de longo prazo”⁴²⁵. Contudo, essa pretensão supera as expectativas e revela o paradoxo existente na medida em que “o saber exigido sempre é, necessariamente, um saber ainda não disponível no momento e jamais disponível como conhecimento prévio; no máximo, somente como saber retrospectivo”⁴²⁶. Portanto, essa adequação a partir da pluralidade das fontes do saber é necessária e deve ser construída para uma comunicação sistêmica.

A incerteza não conduz a uma impossibilidade de reflexão sobre os prováveis riscos⁴²⁷ oriundos das (nano)tecnologias, desafio sob os quais deve-se projetar os princípios ambientais em conjugação com instrumentos jurídicos de controle atualmente existentes, para que o “Direito possa atuar positivamente sobre a Economia comunicando a necessária precaução aos danos futuros que são, enquanto perigos, imprevisíveis”⁴²⁸. Ou seja, aplica-se quando a avaliação científica, diante de riscos, incertezas e controvérsias, objetiva apontar motivos razoáveis e indicativos de que, dessa inovação, possam decorrer efeitos potencialmente perigosos e incompatíveis com os padrões de proteção que se busca garantir⁴²⁹.

Em uma decisão paradigma, proferida no Tribunal Regional Federal da 4ª Região, no Embargos Infringentes nº 5000629-66.2012.404.7000/PR, julgado em 19.03.2014, demonstra-se o significado da precaução. A situação apreciada objetivava a liberação de uma variedade de milho geneticamente modificado com uma abordagem ampla de aspectos consideráveis nos estudos, debates e informações antes da liberação de um produto fabricado à base de novas tecnologias, no caso concreto OGM (Organismos Geneticamente Modificados). A referida decisão consigna a necessidade da “prudência, cautela e humildade” ao se tratar sobre a intervenção humana e manipulação voltada a alteração e transformação da matéria na natureza (ex. nanotecnologias), reconhecendo-se a existência de limites e possibilidades de

⁴²⁵ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 73.

⁴²⁶ Ibid., p. 73.

⁴²⁷ Pesquisas estão sendo realizadas para identificação de riscos e ainda que incipientes os resultados assinalam que os nanomateriais nos quais foram realizadas as análises e avaliações demonstraram que podem causar danos nocivos à saúde humana e ambiental. Tais pesquisas serão abordadas quando da análise da (nano)toxicologia (seção terciária 3.2.1) e melhor detalhadas na gestão dos riscos gerados em escala nanométrica (seção primária 4).

⁴²⁸ WEYERMULLER, André Rafael. *Direito ambiental e aquecimento global*. São Paulo: Atlas, 2010. p. 3-4.

⁴²⁹ MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009. p. 621.

erro a serem considerados na liberação de novas variedades e modificações genéticas, bem como sobre a percepção de riscos. Destaca que não se pode ter confiança cega na técnica e na ciência, aceitando sem questionamentos os critérios técnicos aprovados por uma maioria científica. Por outro lado, também não se pode ter medo “excessivo, desproporcional e paralisante”. Ressalta o valor das políticas e instrumentos jurídicos ambientais, mas adverte que se faz necessária uma ampla participação social viabilizada pela gestão de informações e espaço para o diálogo aberto e democrático de onde emerge as controvérsias e convergem as melhores soluções, nos termos do Princípio 10 da Declaração do Rio (ECO-92)⁴³⁰, também assegurada pelo acesso à justiça e aos mecanismos administrativos e judiciais para solução dos conflitos. No mérito, dispõe que a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio deveria ter contemplado nos seus estudos a análise de todos os biomas onde o milho pudesse ser comercializado se liberado, nos termos do § 4º do artigo 14 da Lei 11.105/05 (Lei da Biossegurança), ressaltando que a competência técnica é da CTNBio (artigo 14, inciso XII da Lei 11.105/05), contudo, a decisão não é livre, deve necessariamente respeitar a prescrição legal. Ademais, adverte ainda, que não respeitando o disposto, não é completa e não pode produzir todos os efeitos. Por fim, anula a autorização de liberação e impede a sua implementação enquanto restar ausentes os estudos que permitam a convalidação da viabilidade de liberação em determinados biomas⁴³¹.

Assim, projeções presentes e futuras, prováveis, remotas ou mero saber de possibilidades não podem ser relevados a um segundo plano em nome do desenvolvimento tecnológico ou econômico, mormente quando as incertezas alcançam a necessidade de reflexões sobre os prováveis impactos no meio ambiente. Justifica-se, pois, “os mortos não reclamam, mas deixam lembranças e os fatos falam por si. Acidentes como o de Chernobyl ou

⁴³⁰ Princípio 10. A melhor maneira de tratar as questões ambientais é assegurar a participação, no nível apropriado, de todos os cidadãos interessados. No nível nacional, cada indivíduo terá acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que disponham as autoridades públicas, inclusive informações acerca de materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos decisórios. Os Estados irão facilitar e estimular a conscientização e a participação popular, colocando as informações à disposição de todos. Será proporcionado o acesso efetivo a mecanismos judiciais e administrativos, inclusive no que se refere à compensação e reparação de danos. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁴³¹ BRASIL. Tribunal Regional Federal (4. Região). *Embargos infringentes nº 5000629-66.2012.404.7000/PR*. Embargante: AS-PTA Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. Embargado: União - Advocacia Geral da União. Relator: Cândido Alfredo Silva Leal Junior, 4ª Turma. Julgado em: 19 de março de 2014. Disponível em: <https://eproc.trf4.jus.br/eproc2trf4/controlador.php?acao=acessar_documento_publico&doc=4139523552186830111000000002&evento=4139523552186830111000000001&key=5a0cdb050f76403c419c272210848305d337b77ee80cc8f9212ad6a1d7af04fc>. Acesso em: 24 jun. 2015.

da Baía de Minamata obrigam o homem a recordar seus erros e tentar evitar suas repetições”⁴³².

Uma mudança que comporte a complexidade dos problemas contemporâneos exige a ampla participação social na tomada de decisões sobre as (nano)tecnologias. Isso impõe que os “atos assumidos pelo Poder Público e pela sociedade deva ser cercado de incessantes questionamentos e de especial atenção, em forma a se obter garantia de que essa nova tecnologia não causará danos ao meio ambiente ou à saúde das pessoas”⁴³³. Essencialmente de uma política adequada, informações transparentes sobre o nível de progresso e estudos das novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas, aplicadas e consumidas. Sobretudo, porque o resultado da produção técnica e do consumo - o resíduo pós-consumo – deve ser gerenciado para o correto manejo, tratamento e disposição final a partir de uma nova consciência cultural da sociedade.

Mais uma vez, no âmbito das nanotecnologias, o paradigma, certamente revela a necessidade de ações articuladas e vinculadas ao princípio da precaução, com a implantação de métodos e ferramentas capazes de gerenciar e implementar o devido controle e segurança de possíveis riscos e danos ao meio ambiente, prejudiciais a manutenção da sadia qualidade de vida e a saúde humana.

3.1.3 Princípio da Informação

O acesso a informação está inscrito como um direito fundamental, assegurado pela Constituição Federal brasileira e regulamentado pela Lei de Acesso à Informação Pública, nº 12.527/11⁴³⁴. Da mesma forma, o acesso à informação pública está inscrito em diversas convenções e tratados internacionais assinados pelo Brasil. Trata-se de um direito inerente ao princípio democrático, sem o qual não há democracia e não há Estado de Direito⁴³⁵.

⁴³² SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 78.

⁴³³ MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 622.

⁴³⁴ Esta Lei dispõe sobre os procedimentos a serem observados pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, com o fim de garantir o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. BRASIL. *Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011*. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴³⁵ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 49.

A ausência de informação e conhecimento coloca parcela da população em situação de total alienação, tornando cada cidadão em “um mutilado cívico”⁴³⁶, alheio aos processos decisórios, principalmente em questões ambientais, como se o meio ambiente fosse uma mercadoria a ser comercializada sem freios e consequências. Mais uma problemática a ser enfrentada, já que “os lobbies estão usando a arma da desinformação para adiar as decisões que poderiam prejudicar seus interesses”⁴³⁷. Nesse cenário, qualquer informação reduzida, fragmentada e desconectada da realidade ambiental coloca a pessoa em situação de hipossuficiência, “permite jogar dúvidas e alimentar controvérsias”⁴³⁸, que são corporificadas no consenso geral transformando “povos em agentes negativos do Meio Ambiente, além de impedir seu crescimento econômico”⁴³⁹.

A sustentabilidade depende diretamente de como a sociedade se compromete com a utilização dos recursos naturais e para que se chegue a uma cultura de conscientização em massa devemos entender que “a velocidade da destruição dos recursos naturais está diretamente comprometida com a forma em que se dá a sua apropriação pela sociedade”⁴⁴⁰.

Pois como bem observa Derani, “a base e os limites dos objetivos da atividade humana são determinados pela prática social”⁴⁴¹, o que implica na necessidade premente de informação, permitindo uma nova visão crítica e reflexão sobre os efeitos da atividade e exploração humana sobre o meio ambiente. Entretanto, na prática, via de regra as informações são em grande parte manipuladas e selecionadas para atender aos interesses de grupos que investem grandes quantias em inovações tecnológicas, representando interesses velados de setores que se dizem comprometidos com a sustentabilidade. Estratégia que “permite atrasar a adoção de medidas pelos poderes públicos”⁴⁴².

A manipulação da informação pode ter origem nos governos ou nas empresas privadas, usando-se de artifícios ou de manobras. Não se recusa a informação, mas a mesma não é transmitida na sua integralidade e nem é aprofundada. Não se deixa tempo nem aptidão para a reflexão da informação recebida. De outro lado, não só se nivelam as notícias, como só se

⁴³⁶ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 50.

⁴³⁷ LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Apresentação. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do (Org.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p. 11-12.

⁴³⁸ *Ibid.*, p. 40.

⁴³⁹ SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 84.

⁴⁴⁰ DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 88.

⁴⁴¹ *Ibid.*, p. 100.

⁴⁴² LÉNA; NASCIMENTO, op. cit., p. 41.

transmitem informações selecionadas, que chegam como avalanches, submergindo os informados⁴⁴³.

O conceito de informação se faz importante destacar uma vez que é inerente a um Estado Democrático de Direito e fornece uma noção geral relacionado a “um registro do que existe ou do que está em processo de existir”⁴⁴⁴, muito embora, diversos conceitos podem ser delimitados a partir de suas finalidades. Podendo ser entendida como o registro do que existe, ou como transmissão de conhecimento, dando-se ciência ou notícia de fato existente, pode também ser entendida como fonte criadora de conhecimentos, pois “vai ensejar da parte do informado a criação de novos saberes, através do estudo, da comparação ou da reflexão”⁴⁴⁵.

Informar, por sua vez, seria transmitir conhecimento, visto que quando se informa dá-se ciência ou notícia de um fato existente. Nesta transmissão do conhecimento, a informação vai ensejar da parte do informado a criação de novos saberes, através do estudo, da comparação ou da reflexão. Logo, entende-se que a transmissão da informação é condição sem a qual não há sociedade organizada como vida social continuada. Portanto, o acesso a informações é condição indispensável para o fortalecimento da democracia, pois o seu conteúdo é capaz de qualificar o cidadão a atuar na sociedade, viabilizando a efetiva participação comunitária ativa e consciente no desenvolvimento e na implementação das políticas públicas.

A qualidade e a quantidade de informação irão traduzir o tipo e a intensidade da *participação* na vida social e política. Quem estiver mal informado nem por isso estará impedido de participar, mas a qualidade de sua participação será prejudicada. A ignorância gera apatia ou inércia dos que teriam legitimidade para participar⁴⁴⁶.

Por conta disso, o direito à informação intensifica à Educação também como um direito público subjetivo. Abrange o dever legal do Poder Público garantir o acesso aos bancos de dados disponíveis e organizados, e fornecer informações quando solicitadas, ampliando o debate público para uma mudança de comportamento e de posturas⁴⁴⁷, em especial para fortalecer as instituições e os preceitos constitucionais e infraconstitucionais.

⁴⁴³ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito à informação e meio ambiente*. São Paulo: Malheiros, 2006. p. 30.

⁴⁴⁴ *Ibid.*, p. 25.

⁴⁴⁵ *Ibid.*, p. 27.

⁴⁴⁶ *Ibid.*, p. 34.

⁴⁴⁷ SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 10-12.

Em relação ao direito de informação ambiental (plano infraconstitucional), encontra-se previsto na Lei 6.938/81⁴⁴⁸ (PNMA), na Lei 7.347/85⁴⁴⁹ (ACP), na Lei 11.105/05⁴⁵⁰ (Biossegurança), na Lei 8.078/90⁴⁵¹ (CDC) e na Lei 10.650/2003⁴⁵² (SISNAMA). O princípio da informação, preve que a melhor maneira de tratar as questões socioambientais é assegurar a participação da sociedade civil, no nível apropriado, de todos os interessados. O que significa ser “um dos postulados básicos do regime democrático, essencial ao processo de participação da comunidade no debate e deliberações de assuntos de seu interesse direto”⁴⁵³. No desenvolvimento e comercialização de produtos (nano)manufaturados, deve-se observar o direito/dever de transparência das informações.

O ‘direito de saber’ como a estrutura central do ‘direito à informação’, que é destinado à sociedade, e do ‘dever de informação’, dirigido ao pesquisador e empresário, deverá ser perspectivado desde o trabalho com a matéria-prima, ou seja, a produção material em estado bruto, onde se terá a exposição direta do trabalhador, além da emissões industriais⁴⁵⁴.

Nessa perspectiva, as informações e debates sobre os riscos das novas (nano)tecnologias deve(ria) chegar ao grande público, de forma ampla e permitindo o debate sobre “materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos decisórios”⁴⁵⁵, capacitando-as e criando chances de tomadas de

⁴⁴⁸ 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/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁴⁹ BRASIL. *Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985*. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7347orig.htm> Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁵⁰ BRASIL. *Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005*. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1o do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória no 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei no 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁵¹ BRASIL. *Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990*. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁵² BRASIL. *Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003*. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm> Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁵³ MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 197.

⁴⁵⁴ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 359.

⁴⁵⁵ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 97.

posição ou pronunciamentos sobre a matéria informada”⁴⁵⁶, que no geral é composta de dados técnicos, onde estão presente normas de emissão e padrões de qualidade”⁴⁵⁷.

Mormente, neste momento, onde a tecnologia invade e cresce quase que imperceptivelmente aos olhos da humanidade, trazendo diversos benefícios e malefícios para a sociedade de consumo, deve os efeitos e reflexos da sua experimentação, aplicação e utilização ser debatidos incessantemente com a participação ativa da coletividade e do poder público⁴⁵⁸.

Não obstante, o grande público permanece alheio a tais informações, vindo a tomar conhecimento, quando muito, já estão nas prateleiras para o consumo, pois durante o desenvolvimento de novas tecnologias existe a prática de resguardo e sigilo de informações.

Apesar da falta de informação segura, os nanoalimentos já estão sendo comercializados. Só os benefícios são divulgados. A falta de informação sobre os riscos impede o consumidor de fazer uma escolha livre e consciente pela utilização dos produtos, numa evidente violação ao direito de informação⁴⁵⁹.

De certa forma a restrição ou limitação de informações ao alcance de todos serve para preservar as pesquisas e posteriores patentes das inovações, mas também para evitar alardes sociais, e mesmo políticas de regulação, que poderiam vir embarçar o seu avanço. Tanto no “exercício da política como na prática empresarial, o culto do segredo tem sido apontado como um instrumento de sucesso”⁴⁶⁰, muito embora, por vezes distancia ou elimina a informação, na medida em que os resultados das pesquisas sendo amplamente publicados, teriam maior prospecção de debate e reflexão junto à sociedade e ou comunidade diretamente envolvida pela aplicação e estudo dessas novas tecnologias.

Por outro lado, é dever dos Estados e das demais partes, interessadas na produção e desenvolvimento do conhecimento, facilitar e estimular a conscientização e a participação popular, colocando as informações à disposição de todos de forma clara e compreensível a qualquer pessoa, por mais leiga que seja sobre o assunto⁴⁶¹, visto que “a informação é um

⁴⁵⁶ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 98.

⁴⁵⁷ *Ibid.*, p. 90.

⁴⁵⁸ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 160, 2015.

⁴⁵⁹ ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea. *O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos*. [S.l.], 2012. p. 672. Disponível em: <<http://ojs.unifor.br/index.php/rpen/article/viewFile/2321/pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁶⁰ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 98.

⁴⁶¹ *Ibid.*, p. 92.

direito fundamental, que permite ao consumidor decidir pelo consumo ou não de produtos perigosos”⁴⁶².

[...] Cabe a sociedade questionar sobre as possíveis transformações sociais provocadas pela utilização irrestrita de nanotecnologias, bem como refletir sobre os riscos, impactos e segurança e sobre qual o engajamento público para regulamentação do uso, disposição e descarte dessa tecnologia, em especial sua experimentação toxicológica⁴⁶³.

Almeja-se, assim, garantir a participação comunitária ativa e consciente no desenvolvimento e na implementação das políticas públicas adequadas, impondo o aprofundamento e informação não só dos benefícios, mas também para a identificação técnica de riscos, suas incertezas, levantamento de dados e divulgação sobre toxicidade ou mesmo ausência destes e, finalmente, a realização de processos de publicização sobre as possibilidades de riscos atreladas aos produtos (nano)manufaturados, fornecendo as condições de domínio sobre “as informações quantitativa e qualitativamente necessárias para orientar a opção consciente de comprar (ou de não comprar)”⁴⁶⁴, sob pena de cerceamento da liberdade de ação e escolha, prevista no artigo 1º, inciso III; artigo 3º, inciso I e artigo 5º, caput, entre outros da Constituição da República, bem como no artigo 6º, inciso II e artigo 4º, inciso I do Código de Proteção ao Consumidor, esse último reconhecendo a situação de vulnerabilidade do consumidor⁴⁶⁵.

[...] a falta ou falha na informação sobre os riscos é determinante para a fixação da responsabilidade pelos danos causados ao consumidor, pois a omissão da informação sobre os riscos do produto representa violação ao direito de informação do consumidor e descumprimento do dever de transparência e boa-fé existente nas relações negociais em geral, especialmente nas relações de consumo⁴⁶⁶.

⁴⁶² ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea. *O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos*. [S.l.], 2012. p. 674. Disponível em: <<http://ojs.unifor.br/index.php/rpen/article/viewFile/2321/pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁶³ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 159, 2015.

⁴⁶⁴ RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul. *Apelação cível nº 70061242012*. Décima Câmara Cível, Tribunal de Justiça do RS. Apelante: Carmem Lucia de Almeida Miranda e outros. Apelado: Souza Cruz S/A. Relator: Túlio de Oliveira Martins, Porto Alegre, julgamento em: 23 de outubro em 2014. Disponível em: <http://www.tjrs.jus.br/busca/search?q=&proxystylesheet=tjrs_index&client=tjrs_index&filter=0&getfields=*&aba=juris&entsp=a__politica-site&wc=200&wc_mc=1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&lr=lang_pt&sort=date%3AD%3AS%3Ad1&as_qj=&site=ementario&as_epq=&as_oq=&as_eq=&partialfields=n%3A70061242012&as_q=+#main_res_juris>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁶⁵ ENGELMANN; ALDROVANDI, op. cit., p. 675-685.

⁴⁶⁶ *Ibid.*, p. 675.

Embora não se possa afirmar que a efetividade do acesso à informação seja uma realidade seguramente disponibilizada para a população brasileira, tomando-se a tutela ambiental e consumerista como referencial, tanto em nível constitucional quanto infraconstitucional, cumpre seu papel. Suas normas, de maneira direta ou indireta, objetivam garantir a sua efetividade, uma vez que todo o cidadão tem o direito a obter informações e conhecimento sobre qualquer atividade potencialmente prejudicial a saúde humana ou causadora de impacto ambiental, conseqüentemente, que afete o interesse coletivo e atinja o direito intergeracional das presentes e futuras gerações na manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida (art. 225, CF). Dessa forma, impõe-se a todos - seja atuando individualmente ou coletivamente - uma postura e comportamento voltado para a defesa de um meio ambiente sadio, não só para a presente, mas também para as futuras gerações.

[...] a sociedade consumidora permanece alheia aos processos decisórios, desinformada em relação ao que adquire e consome, sem um efetivo questionamento ou reflexão sobre a real necessidade ou utilidade, sobre um conhecimento participativo e responsável sobre o papel que exerce na condução e promoção dessa nova tecnologia, sobre os meios de experimentação e formas pelas quais são aprovadas, ou quais o custo humano ou não-humano diretamente ligados a satisfação de necessidades não tão explícitas⁴⁶⁷.

Compete, portanto, a cada um no exercício da cidadania, por meio da efetiva participação, despertar a consciência em busca da adequada informação sobre os riscos à saúde e segurança de produtos, que, indiscutivelmente, será o maior e mais eficiente instrumento na luta pela preservação do meio ambiente. Tão grande a relevância da participação da sociedade civil que, uma vez disponibilizada a informação, essa conduz “a atuação eficiente da comunidade, contribuindo para diminuir e fazer cessar as frequentes situações de abuso, que decorrem da irresponsabilidade muitas vezes amparada por uma legislação fragmentada e falha”⁴⁶⁸. Nesse sentido Machado adverte que a “ignorância gera apatia ou inércia dos que teriam legitimidade para participar”⁴⁶⁹. Aliás, conforme menciona Engelmann, existem duas ordens de bloqueio: a uma porque a própria sociedade parece não se importar em compreender e deliberar sobre assuntos que lhe afetem, como por exemplo, que envolvam potenciais riscos tecnológicos, a duas, porque também existe falta de habilidade da

⁴⁶⁷ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal*. Araucária. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 151-181, 2015.

⁴⁶⁸ CARVALHO, Délton Winter de. Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 67, p. 198.

⁴⁶⁹ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito à informação e meio ambiente*. São Paulo: Malheiros, 2006. p. 34.

comunidade científica (cientistas e especialistas) de exercitar a transparência e percepção sistêmica das informações que estão sob o seu controle⁴⁷⁰.

O avanço tecnológico desenfreado e manipulado, conjugado com a falta de exercício de exigir informações por parte da sociedade civil, bem como da limitação ou ausência do dever de informação de quem detém a informação (cientistas e fabricantes)⁴⁷¹ remetem ao vácuo de um marco regulatório, a incompreensão, alienação ou passividade do cidadão na participação dos processos decisórios ambientais e no desenvolvimento das nanotecnologias.

Não se sabe exatamente qual o impacto das nanopartículas na saúde humana e não-humana, tampouco no meio ambiente, o que remete novamente ao dever da prevenção, precaução, informação e educação, viabilizando o processo de participação da coletividade junto ao poder público nas discussões e definições sobre sua normatização⁴⁷².

A inacessibilidade ou a falta de interesse e exercício do direito à informação traz como consequências a impossibilidade do exercício do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, à sadia qualidade de vida e de opção sobre as condições em que se pretende viver e o que se deseja legar às futuras gerações⁴⁷³. Logo, reforça a necessidade de uma maior utilização do Serviço de Informação ao Cidadão, preconizado pela Lei 12.527/11⁴⁷⁴, a chamada Lei de Acesso à Informação, que regulamenta o direito constitucional de acesso dos cidadãos às informações públicas e é aplicável aos três Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, criando obrigações para todos os órgãos públicos e Organizações Não-Governamentais (ONGs) que recebam recursos governamentais de abrirem seus arquivos para a população, ressalvados as exceções previstas em lei.

O acesso à informação pública, como princípio fundamental, é a regra, e o sigilo somente a exceção. Para garantir o exercício pleno do direito de acesso previsto na

⁴⁷⁰ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 362.

⁴⁷¹ *Ibid.*, p. 363.

⁴⁷² ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 161, 2015.

⁴⁷³ GRAF, Ana Cláudia Bento. O direito à informação ambiental. In: FREITAS, Vladimir Passos de. *Direito ambiental em evolução*. Curitiba: Juruá, 1998. p. 14.

⁴⁷⁴ BRASIL. *Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011*. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/12527.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Constituição Federal, a Lei define os mecanismos, prazos e procedimentos para a entrega das informações solicitadas à administração pública pelos cidadãos. Também estão previstas medidas de responsabilização dos agentes públicos que retardarem ou negarem indevidamente a entrega de informações. Além disso, a Lei determina que os órgãos e entidades públicas devam divulgar, proativamente, um rol mínimo de informações por meio da internet.

O desafio está em assegurar a implementação e efetividade, enfrentando questões de natureza cultural, técnica, tecnológica e de caráter administrativo para a operacionalização. O que não diminui a sua magnitude e avanço, já que a partir de agora a sociedade conta com mais um instrumento colocado a sua disposição para participação na tomada de decisões e fiscalização das ações do poder público. Representa mais um importante passo para a consolidação do regime democrático brasileiro e para o fortalecimento das políticas de transparência pública.

No âmbito jurídico internacional, o direito à informação foi expressamente abordado na Declaração Universal dos Direitos Humanos (artigo XIX)⁴⁷⁵; na Declaração de Estocolmo (princípios 19 e 20)⁴⁷⁶; Declaração do Rio (princípios 10, 18 e 19)⁴⁷⁷ e na Agenda 21 (capítulo

⁴⁷⁵ Artigo XIX: Todo ser humano tem direito à liberdade de opinião e expressão; este direito inclui a liberdade de, sem interferência, ter opiniões e de procurar, receber e transmitir informações e ideias por quaisquer meios e independentemente de fronteiras. NAÇÕES UNIDAS. Assembléia Geral. *Declaração universal dos direitos humanos*. Adotada e proclamada pela resolução 217 A (III) da Assembléia Geral das Nações Unidas em 10 de dezembro de 1948. Nova Iorque, 1948. Disponível em: <<http://www.dudh.org.br/wp-content/uploads/2014/12/dudh.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁴⁷⁶ 19 - É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como os adultos, dispensando a devida atenção ao setor das populações menos privilegiadas, para assentar as bases de uma opinião pública, bem informada e de uma conduta responsável dos indivíduos, das empresas e das comunidades, inspirada no sentido de sua responsabilidade, relativamente à proteção e melhoramento do meio ambiente, em toda a sua dimensão humana. 20 - Deve ser fomentada, em todos os países, especialmente naqueles em desenvolvimento, a investigação científica e medidas desenvolvimentistas, no sentido dos problemas ambientais, tanto nacionais como multinacionais. A esse respeito, o livre intercâmbio de informação e de experiências científicas atualizadas deve constituir objeto de apoio e assistência, a fim de facilitar a solução dos problemas ambientais; as tecnologias ambientais devem ser postas à disposição dos países em desenvolvimento, em condições que favoreçam sua ampla difusão, sem que constituam carga econômica excessiva para esses países. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁴⁷⁷ Princípio 10. A melhor maneira de tratar as questões ambientais é assegurar a participação, no nível apropriado, de todos os cidadãos interessados. No nível nacional, cada indivíduo terá acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que disponham as autoridades públicas, inclusive informações acerca de materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos decisórios. Os Estados irão facilitar e estimular a conscientização e a participação popular, colocando as informações à disposição de todos. Será proporcionado o acesso efetivo a mecanismos judiciais e administrativos, inclusive no que se refere à compensação e reparação de danos. Princípio 18. Os Estados notificarão imediatamente outros Estados acerca de desastres naturais ou outras situações de emergência que possam vir a provocar súbitos efeitos prejudiciais sobre o meio ambiente destes últimos. Todos os esforços serão envidados pela comunidade internacional para ajudar os Estados afetados. Princípio 19. Os Estados fornecerão, oportunamente, aos Estados potencialmente afetados, notificação prévia e informações relevantes acerca de atividades que possam vir a ter considerável impacto transfronteiriço negativo sobre o meio ambiente, e se consultarão com estes tão logo seja possível e de boa fé. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do*

40)⁴⁷⁸. Além desses, em prol do meio ambiente, muitos tratados e acordos resultados de negociações entre países foram e estão sendo editados constantemente, destinados a resolver problemas pontuais, litígios ou mesmo voltados para o desenvolvimento de políticas e preservação do meio ambiente global. Importante ressaltar que “os Estados-partes não têm, tecnicamente falando, condições de interferir na legislação do parceiro, as regras são princípios gerais que devem ser observados, como forma de atingir aqueles objetos fixados”⁴⁷⁹.

No cenário nanotecnológico que se desenha, considerada a rapidez evolutiva e presunção de benefícios apontados pelos trabalhos científicos e tecnológicos desenvolvidos nas últimas décadas, torna-se inquestionáveis a relevância da disponibilização da informação e compartilhamento dos conhecimentos.

[...] consideradas as probabilidades tanto da exposição, manuseio, disposição e descarte de produtos nanotecnológicos, sejam pelo consumidor final ou pela cadeia produtiva, especialmente as pessoas que para produzir necessariamente devem manter o contato direto com produtos tecnológicos, e, considerando o desconhecimento dos seus efeitos na saúde e no meio ambiente, relevante se torna o dever de informação, educação, participação e políticas públicas voltadas ao incentivo, instrução e formação para preservação da saúde humana e do meio ambiente, visando a sustentabilidade social-política-econômica⁴⁸⁰.

Muitos países no decorrer da sua evolução legislativa vêm consideravelmente reformulando suas constituições e inovando para englobar em seus textos diversas normas fundamentais para tutelar o meio ambiente e o direito à informação⁴⁸¹. Para Engelmann o novo cenário tecnológico se revela ainda mais desafiador, exige-se que se rompa com algumas barreiras construídas pela ausência de discussão pública sobre o verdadeiro

Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁴⁷⁸ MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009. p. 198.

⁴⁷⁹ ADELE Y CASTO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: Ltr, 2010, p. 35.

⁴⁸⁰ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 151-181, 2015. p. 169.

⁴⁸¹ A razão da ênfase dada aos princípios aqui tratados à luz do Direito Ambiental se justifica na medida em que as decisões acerca dos riscos produzidos pelo conhecimento científico aplicado em produtos manufaturados não atinge tão somente o ser humano, que parece ter esquecido sua relação de dependência com a natureza, portanto, uma vez afastada a visão antropocêntrica para inseri-lo como parte integrante do meio ambiente, as ações e deliberações humanas (razão prática) afetam todo o ecossistema e precisam ser avaliadas a luz dos princípios ambientais, impondo-se responsabilidades pelos resultados – positivos ou negativos - das tomadas de decisões que importem riscos. ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 350.

significado dos riscos produzidos pelas (nano)tecnologias. Uma vez superado esse obstáculo pelo engajamento público, será necessário ainda, o alargamento dos direitos fundamentais esculpidos no artigo 5º da Constituição Federal de 1988 para que seja complementado com o direito de informação de potenciais riscos produzidos pelas (nano)tecnologias⁴⁸².

Nada mais adequado e justo, já que “a natureza não conhece fronteiras nacionais, fazendo com que a destruição levada a efeito em um país possa de uma forma ou de outra, atingir os demais”⁴⁸³. No mundo globalizado, exige-se uma maior irradiação dos princípios e o compartilhamento transdisciplinar de conhecimentos como o pilar do desenvolvimento econômico, social e ambiental.

3.2 Resíduos Nanotecnológicos

Com o investimento em tecnologia e inovação a partir da produção de produtos (nano)manufaturados emerge uma nova perspectiva dos riscos face a exposição aos efeitos indeterminados das (nano)tecnologias e reacende o debate sobre “os conceitos de responsabilidade moral e legal e à delegação dessas mesmas responsabilidades a artefatos tecnológicos”⁴⁸⁴.

A possibilidade de consequências indesejadas à saúde e meio ambiente, remete para um maior aprofundamento dos processos produtivos e obsolescência programada dos produtos (nano)manufaturados, na medida que inexiste um marco normativo adequado a garantir níveis de segurança ambiental para a destinação final dos (nano)produtos⁴⁸⁵. Situação que remete a uma maior reflexão sobre a análise do ciclo de vida e a destinação adequada do descarte de resíduos nanotecnológicos, uma vez que a frequência e a exposição não são

⁴⁸² ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 362.

⁴⁸³ ADELE Y CASTO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: Ltr, 2010. p. 35.

⁴⁸⁴ CAVALHEIRO, Esper A.. *A nova convergência da ciência e da tecnologia*. Novos estudos - CEBRAP, São Paulo, n. 78, p. 28, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n78/04.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁸⁵ MOURA, Marília; PEREIRA, Reginaldo; VALANDRO, Daiani. Gestão de resíduos tecnológicos e nanomateriais: possíveis contribuições da Lei 13.576 da cidade de São Paulo para o preenchimento das lacunas normativas relativas à gestão de resíduos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 181. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

equânimes, sendo os riscos muito maiores⁴⁸⁶. Desse modo, enseja-se o fomento de políticas públicas, consubstanciadas pelos instrumentos jurídicos ambientais, bem como por iniciativas e estratégias empresarias que atenda a premissa do desenvolvimento sustentável.

Apesar do progressivo debate entre especialistas, tanto a nível mundial como nacional, “há uma ausência de parâmetros normativos e jurídicos para as pesquisas, orientação e destinação final dos nanomateriais, nanopartículas, equipamentos e entre outras várias substâncias que são relacionadas à saúde humana e a qualidade do meio ambiente”⁴⁸⁷. A orientação sobre o assunto ainda não chegou ao amplo conhecimento público, permanece encoberto pelo apelo publicitário dos alegados benefícios, sendo assim, o desafio de criar métodos próprios de investigação prévia dos efeitos nocivos das nanotecnologias sobre o solo, a água, o ar e a saúde humana ainda são considerados incipientes. Cenário que, “[...] reforça a necessidade e intensificação do diálogo entre os atores do atual cenário nanotecnológico, principalmente sobre os efeitos retardados da absorção de resíduos que contaminam invisivelmente o meio ambiente e o ser humano”⁴⁸⁸.

Além disso, o atual estágio do conhecimento técnico aliado a ausência de parâmetros normativos e jurídicos, forma uma percepção que presume se tratar de tecnologia inofensiva à saúde e ao meio ambiente, no entanto, a “criação de normas jurídicas específicas que regulamentem isto é fundamental e a autorregulação precisa ser vista como complementar”⁴⁸⁹. Por outro lado, “não há regulação sem regulador”⁴⁹⁰, o que implica dizer que “o problema é a discordância quanto à avaliação das consequências; aqui, a solução será ou a coerção, ou a continuidade do debate”⁴⁹¹. Considerada a necessidade de produção dos meios de regulação, o diálogo deve permanecer presente, continuamente atualizado pelo intercâmbio de experiências de todos atores, em todas as instâncias, nacionais e internacionais, de forma

⁴⁸⁶ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 167, 2015.

⁴⁸⁷ MOURA, Marília; PEREIRA, Reginaldo; VALANDRO, Daiani. Gestão de resíduos tecnológicos e nanomateriais: possíveis contribuições da Lei 13.576 da cidade de São Paulo para o preenchimento das lacunas normativas relativas à gestão de resíduos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 182. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁸⁸ ENGELMANN, op. cit., p. 166.

⁴⁸⁹ MOURA, op. cit., p. 187.

⁴⁹⁰ SUPIOT, Alain. *Homo juridicus: ensaio sobre a função antropológica do direito*. São Paulo: Martins Fontes, 2007. p. 161.

⁴⁹¹ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 5.

integrativa e colaborativa, pois “apenas uma regulação adequada, e não uma regulamentação rígida, pode proteger a sociedade da desordem entrópica”⁴⁹².

O termo regulação admite uma série de significados em diferentes áreas do conhecimento, como a cibernética, a economia, a política e o direito. No âmbito das ciências sociais o termo regulação é utilizado tradicionalmente para se referir à atividade estatal de produção de normas jurídicas, incluindo, além das leis, outros instrumentos juridicamente vinculantes (atos administrativos, como decretos, portarias, instruções normativas)⁴⁹³.

Nesse sentido, a ideia de percepção pública dos riscos e níveis aceitáveis advém de construções coletivas, ou seja, de que a tomada de decisões ou seleção de perigos e a escolha da tessitura social andam juntas, refletindo a realidade contemporânea. Isso indica que qualquer debate acerca do risco deve ser precedido de um consenso sobre qual abordagem e ameaça deve ser considerada a mais importante, escolha que não é feita de forma direta e sim de acordo com as instituições sociais favorecidas, fato que dificulta a tentativa de comparação entre sistemas éticos ou até mesmo bloqueie o debate sobre a percepção dos riscos⁴⁹⁴.

[...] o risco da utilização do produto ou serviço ainda não foi confirmado pela Ciência. É aquele risco para a integridade e saúde do consumidor que não é considerado certo, em face da incerteza científica. Com efeito, é nesta situação de risco que a precaução reside, ou seja, um risco de dano irreversível futuro⁴⁹⁵.

É crescente o debate sobre a cultura do consumo exacerbado, na qual as pessoas são “ao mesmo tempo, os promotores *das mercadorias e as mercadorias que promovem*”⁴⁹⁶, característica principal da sociedade contemporânea. Segundo Zygmunt Bauman “o mundo formado e sustentado pela sociedade de consumidores fica claramente dividido entre as *coisas a serem escolhidas e os que as escolhem*; as mercadorias e seus consumidores: as coisas a serem consumidas e os seres humanos que as consomem”⁴⁹⁷. Ainda, na trilha formatada pela sociedade de consumidores, “o desejo humano de estabilidade deve se transformar, e de fato

⁴⁹² SUPIOT, Alain. *Homo juridicus*: ensaio sobre a função antropológica do direito. São Paulo: Martins Fontes, 2007. p. 159.

⁴⁹³ ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airtton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. *Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 120, 2013. Disponível em: <www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁴⁹⁴ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura*: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 177-179.

⁴⁹⁵ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 196.

⁴⁹⁶ BAUMAN, Zygmunt. *Vida para consumo*: a transformação das pessoas em mercadoria. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. p. 13.

⁴⁹⁷ *Ibid.*, p. 20.

se transforma, de principal ativo do sistema em seu maior risco, quem sabe até potencialmente fatal, uma causa de disrupção ou mau funcionamento”⁴⁹⁸, trata-se, portanto, de um arranjo social “que leva ao constante aumento na demanda de materiais e energia, desvinculado de preocupações com a sustentabilidade e atrelado ao suprimento das necessidades imediatas e supérfluas”⁴⁹⁹. Em outras tintas, “os fatores econômicos, sociais e culturais que podem implicar no aumento da geração de resíduos sólidos são mais significativos do que aqueles que podem colaborar na sua redução”⁵⁰⁰.

Notadamente, “produtos serão descartados, incluindo embalagens, que serão destinadas aos grandes espaços de depósito de lixo e incineração, onde teremos nova exposição dos trabalhadores e, concomitantemente, da população humana e do meio ambiente”⁵⁰¹. Dessa forma, pela invisibilidade e imprevisibilidade de efeitos dos resíduos de produtos manufaturados a partir da (nano)tecnologia representam uma complexa relação como meio ambiente e a saúde humana.

[...] como os materiais em tamanho nano podem apresentar diferentes características e comportamentos, decorrentes de sua composição química, organização supramolecular, tamanho, estado físico de apresentação e método de produção, justamente em função de sua qualidade ‘nano’, não há como saber se as normas já existentes especialmente em relação à saúde e toxicologia seriam suficientes ou aplicáveis⁵⁰².

Na medida que a “economia consumista se alimenta do movimento das mercadorias e é considerada em alta quando o dinheiro mais muda de mãos; e sempre que isso acontece, alguns produtos de consumo estão viajando para o depósito de lixo”⁵⁰³, surge o desafio de se

⁴⁹⁸ BAUMAN, Zygmunt. *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. p. 44.

⁴⁹⁹ ZEFFERINO, Alisson Guilherme; GIACHIN, Isadora e Sá. Considerações sobre a legislação brasileira aplicável aos resíduos sólidos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 171. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁰⁰ CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 178, jun. 2012 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁰¹ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 359.

⁵⁰² HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 125.

⁵⁰³ BAUMAN, op. cit., p. 49.

enfrentar a problemática crescente da destinação final dos resíduos produzidos pela sociedade do consumo, tanto de países desenvolvidos como em desenvolvimento⁵⁰⁴.

Emerge assim, o debate sobre a implantação de instrumentos legais e de gestão dos resíduos (nano)tecnológicos a ser enfrentado, com grande atenção a ser dispensada à regulação e fiscalização⁵⁰⁵, pois a média de produção de lixo estimada atualmente gira em torno de 1,02 kg por habitante/dia⁵⁰⁶. Confirma-se, portanto, que o rápido avanço tecnológico e alto grau de obsolescência criam a ponte para o uso e descarte com uma maior abstração dos riscos “relacionados a todos os aspectos da vida útil e da meia vida de utensílios fabricados a partir da base nanotecnológica”⁵⁰⁷.

[...] o alto grau de obsolescência e rápido avanço tecnológico condicionam o consumo e o volume de lixo produzido sem qualquer preocupação com resultados de sustentabilidade. Ou seja, a toda evidencia, surge a preocupação com a disposição final, visto que o descarte de resíduos representa um potencial impacto ambiental. Nessa tomada de consciência prevalece a necessidade de informação adequada no consumo de novas tecnologias. O desafio atual é superar a dificuldade e inexistência de métodos e instrumentos adequados para diagnosticar, tratar e prevenir os efeitos nocivos e adversos das partículas nanos⁵⁰⁸.

A Lei 12.305/10 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), prevendo instrumentos de prevenção e redução na geração de resíduos para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Para se ter ideia, foram

⁵⁰⁴ Levantamento realizados indicam que tanto os países desenvolvidos estudados pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) como os em desenvolvimento como o Brasil apontam para o crescimento da geração *per capita* mesmo com a redução do peso específico dos resíduos sólidos. CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-172, jun. 2012 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁰⁵ *Ibid.*, p. 178.

⁵⁰⁶ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *MMA em números: resíduos sólidos*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁵⁰⁷ MOURA, Marília; PEREIRA, Reginaldo; VALANDRO, Daiani. Gestão de resíduos tecnológicos e nanomateriais: possíveis contribuições da lei 13.576 da cidade de São Paulo para o preenchimento das lacunas normativas relativas à gestão de resíduos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 186. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁰⁸ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 168, 2015.

investidos e disponibilizados recursos na ordem de R\$ 1,2 bilhão entre 2011 e 2014⁵⁰⁹. Também institui a responsabilidade compartilhada (Art. 3º, inciso III)⁵¹⁰ dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo e pós-consumo, bem como cria plano de metas e planejamento para o poder público, impondo, inclusive, que atividades particulares apresentem plano de gerenciamento de resíduos em todas as esferas (nacional, estadual e municipal)⁵¹¹.

O entendimento jurisprudencial, ainda que incipiente, vem acolhendo os pedidos de responsabilização pós-consumo dos fabricantes, condenando-os pelos danos causados independentemente de culpa, em sintonia com as políticas ambientais e com as regras gerais aplicáveis à responsabilidade civil, aplicando a solidariedade e responsabilidade compartilhada pela gestão dos riscos. A exemplo, o Superior Tribunal de Justiça, no Recurso Especial nº. 684.753/PR, julgado em 04.02.2014, acolheu a responsabilidade objetiva e condenou a empresa fabricante de garrafas PET na obrigação de fazer consubstanciada no recolhimento e troca. Concluiu haver responsabilidade e culpabilidade do fabricante do produto e o seu fornecedor quando evidenciado o aferimento de lucro com o uso das garrafas PET (alto poder poluente), portanto, únicos beneficiários economicamente pela degradação ambiental resultante⁵¹².

Além disso, buscando maximizar o aproveitamento das experiências e estudos das diversas áreas do conhecimento, uma caminhada vem sendo trilhada pelo governo brasileiro para promoção do desenvolvimento das nanotecnologias. Em julho de 2012 a portaria 510 do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (CNI) criou o Comitê Interministerial de

⁵⁰⁹ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *MMA em números: resíduos sólidos*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁵¹⁰ Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por: [...] XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵¹¹ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Política nacional de resíduos sólidos*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵¹² BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. *Acórdão no recurso especial nº. 684753/PR*. Recorrente: Refrigerantes Imperial Ltda. Recorrido: Habitat Associação de Defesa e Educação Ambiental. Relator: Antônio Carlos Ferreira, 4ª Turma, Brasília, DF, julgamento em 04 de fevereiro de 2014. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=1293012&num_registro=200400800829&data=20140818&formato=PDF>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Nanotecnologia para dar suporte transdisciplinar aos ministérios. Acredita-se ter sido dado um grande passo em termos de infraestrutura, capaz de conduzir a uma política de governança, um marco regulatório e controle dos potenciais riscos. O compartilhamento multidisciplinar e amadurecimento dos estudos e informações produzidas pelo comitê será determinante para definir e nortear as diretrizes de segurança dos nanomateriais e do processo legislativo regulatório⁵¹³.

A abordagem sobre a avaliação dos riscos dos resíduos (nano)tecnológicos continua sendo uma realidade que deve ser enfrentada, mas algumas recomendações para o controle e gerenciamento de riscos já estão sendo postas e aceitas por alguns setores da economia. A título de exemplo, pode-se citar a recomendação do setor químico do Estado de São Paulo para que seja tratado o tema com enfoque na prevenção de acidentes do trabalho. Além disso, a vitória obtida pelo setor farmacêutico ao incluir uma previsão sobre nanotecnologia na convenção coletiva da categoria de 2012, tendência a ser seguida por outros setores que fazem uso dessa tecnologia, em que pese ainda haja uma forte resistência alicerçada sob o fundamento do tema estar restrito a um pequeno grupo de empresas. Contudo, nota-se que o tema está vinculado de uma forma ou de outra com a potencialidade de efeitos nocivos face a exposição a processos ou produtos, pois o contato com os resíduos (nano)tecnológicos será inevitável em algum momento, seja no setor doméstico, industrial ou comercial⁵¹⁴.

Importa, essencialmente, manter aceso o debate para aprofundar e revestir os conceitos e definições com novas possibilidades e soluções, sem com isso ocultar ou criar um abismo que separe a percepção dos riscos⁵¹⁵ para que o Direito possa ser a argamassa a dar suporte e segurança na eficácia dos novos contornos e desafios que a humanidade terá de enfrentar para reduzir a complexidade dos riscos oriundos dos resíduos nanotecnológicos. Além disso, a aplicação dos princípios da logística reversa e da responsabilidade compartilhada, instituídas pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos⁵¹⁶ pode ser além de uma oportunidade de melhoria na construção regulatória das nanotecnologias, também um grande marco para o desenvolvimento humano segundo as diretrizes e princípios esculpidos pela Constituição da República, particularmente o da prática da Precaução.

⁵¹³ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 126-127.

⁵¹⁴ *Ibid.*, p. 127-128.

⁵¹⁵ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 182-184.

⁵¹⁶ CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 177-178, jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015.

3.2.1 (Nano)Toxicologia

A toxicologia é um desdobramento da palavra *tóksos*, que no grego significa arco e flecha, desdobrada em *toksikón phármacon*, que significa veneno para flecha, acabou sendo utilizada e unida a palavra *toxicum*, que significa tóxico, tendo a partir daí sendo empregada de forma ampla e geral para designar: veneno. O primeiro toxicologista a usar um programa sistemático de análise química foi Mattieu Orfila (1787-1853), tendo sido considerado o pai da toxicologia, por assim dizer, pois definiu-a como sendo ciência que estuda os venenos, posteriormente alçada ao status de disciplina diferente das demais⁵¹⁷.

Por muito tempo a sociedade permaneceu alheia ao conhecimento dos riscos produzidos pelas novas tecnologias, vindo a descobri-los tão somente quando seus efeitos passaram a ser externalizados⁵¹⁸. A partir da segunda grande guerra e da sequência de eventos que marcaram a década de 60 e 70 eclode algumas manifestações sociais e políticas atuantes, voltadas a impedir os impactos negativos dos efeitos das substâncias químicas no ecossistema, largamente utilizadas pelas indústrias e consideradas um perigo para a saúde humana⁵¹⁹. Com efeito, os estudos em toxicologia ganharam força e importância, principalmente por se tratar de uma ciência multidisciplinar, que hoje é considerada integrada e conjugativa, focada na proteção e obtenção de melhorias na qualidade de vida humana, além de visar estabelecer o grau de magnitude dos possíveis danos e o nível/limite adequado e seguro para o uso ou emprego de substâncias nocivas⁵²⁰.

Nesse processo, “as substâncias são consideradas tóxicas a partir do momento que provocam alterações na homeostase (equilíbrio) normal do organismo, produzindo uma resposta danosa”⁵²¹. Ocorre a partir da interação de três elementos principais: uma substância capaz de produzir um efeito; um sistema biológico com o qual a substância possa interagir para produzir

⁵¹⁷ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira. Histórico, evolução e conceitos básicos da toxicologia. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 3.

⁵¹⁸ A exemplo disso, o “aumento do efeito estufa, os perigos da energia nuclear, os impactos do DDT, a relação entre a contaminação urbana e a asma infantil, os efeitos do asbesto, do amianto e do chumbo”. DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 69.

⁵¹⁹ Movimentos em resposta aos impactos negativos à saúde e a qualidade de vida face a exposição aos agentes nocivos que nessa época se intensificaram com o avanço do conhecimento das teorias químicas, sendo que além das substâncias naturais, milhares de outras substâncias foram sendo sintetizadas e, principalmente, a partir da década de 1940, a taxa de introdução de novas substâncias e a escala de produção industrial aumentaram significativamente até os dias atuais. NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 159-160.

⁵²⁰ OLIVEIRA-FILHO, op. cit., p. 4-5.

⁵²¹ Ibid., p. 5.

um efeito, e a necessidade de que o efeito (resposta) possa ser considerado nocivo ao sistema com o qual interage. Além disso, as substâncias são classificadas pela sua: utilização, origem, efeitos e pelo órgão atingido⁵²². Outros fatores também são considerados como determinantes e podem influenciar a toxicidade: “a rota de administração da substância, a duração e a frequência de exposição e a existência de processos físicos, químicos e biológicos no ambiente”⁵²³. Contudo, importante ressaltar que a toxicologia busca identificar a concentração de determinadas substâncias - em estudos de laboratório com condições controláveis-, quando atacam as células do organismo humano para então registrar o limite/tolerância prejudicial, aceitável ou inofensivo. Entretanto, esse método de ensaio quando aplicado as nanopartículas, deixa de considerar a possibilidade de sua interação, reação e transformação química quando liberadas no meio ambiente, ou seja, com grandes chances de não retratar o real impacto (nível/limite de tolerância), já que as condições serão indeterminadas⁵²⁴. Assim, existe ainda, “a necessidade de ampliação e aprofundamento dos estudos que envolvam as interações entre as nanopartículas, as plantas, os micro-organismos do solo e outros seres vivos”⁵²⁵. A nanotoxicologia segundo Engelmann,

[...] será responsável por prever os efeitos toxicológicos decorrentes das interações entre as nanopartículas, o meio ambiente e o ser humano. É a partir dela que se terão condições de avaliar e desenvolver percursos de gestão dos riscos nos laboratórios, nas indústrias, no mercado consumidor e no meio ambiente⁵²⁶.

Com a potencialização da comercialização de produtos nanotecnológicos, o tema da Nanotoxicologia⁵²⁷ passa a ser considerado como decisivo para a proteção da saúde humana e

⁵²² OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira. Histórico, evolução e conceitos básicos da toxicologia. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 6.

⁵²³ *Ibid.*, p. 7.

⁵²⁴ LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQS). *A toxicidades das nanopartículas nos produtos de consumo estaria sendo subestimada?* Campinas, 2013. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2013/lqes_news_novidades_1794.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵²⁵ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 78.

⁵²⁶ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Os "compliance programs" como uma alternativa à gestão empresarial para lidar com o direito à informação do consumidor e os riscos trazidos pelas nanotecnologias. In: ROVER, Aires José; Cella, José Renato Gaziero; GALINDA AYUDA, Fernando. (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: CONPEDI, 2014, v. 1, p. 420. Disponível em: <<http://publicadireito.com.br/publicacao/ufsc/livro.php?gt=122>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵²⁷ A Nanotoxicologia tem a missão precípua de nortear o desenvolvimento seguro e sustentável da Nanotecnologia. Para tanto, inclui disciplinas associadas tais como a Genotoxicologia e a Ecotoxicologia, entre outras, que completam um conjunto fundamental nos aspectos científicos relacionados à criação de uma regulação consistente para a Nanotecnologia. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 17-18. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

do meio ambiente. Muito embora seja ainda incipiente sua exploração, chama atenção a preocupação de pesquisadores ao redor do mundo, inclusive no Brasil, pois na medida em que se evolui algumas das falas e interfaces sobre os riscos da toxicologia⁵²⁸, aponta-se sobre os possíveis efeitos nocivos dos nanomateriais sintetizados⁵²⁹ quando inalados, absorvidos ou ingeridos, seja pela via intencional ou não (poluição, rejeitos de produtos, etc.)⁵³⁰. Segundo o relatório de acompanhamento setorial de nanotecnologia na área de saúde realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em 2013, o comitê de medidas de segurança para nanomateriais do Japão apontou, em trabalho realizado sobre a adoção de medidas de segurança de nanomateriais, que alguns trabalhos científicos registraram certos efeitos perigosos relacionados a alguns nanomateriais (ordem nanométrica até 100 nm e seus agregados) quando testados em camundongos sob condições controladas⁵³¹, considera ainda, que os “nanomateriais podem potencialmente resultar em toxicidade diferente daquela

⁵²⁸ Em grande parte, as falas estão relacionadas a insuficiência de abordagem focadas na toxicologia. O artigo produzido pelo Prof. Dr. Harald F. Krug, com o objetivo de examinar/revisar a literatura produzida dos últimos 10-15 anos na tentativa de estabelecer se uma avaliação é possível para critérios toxicológicos humanos de nanomateriais nanoengenheirados (ENMs), aponta para fontes de erros nos métodos investigativos e critérios de análise toxicológica utilizados, também indica onde estão concentradas as deficiências significativas dos estudos. Da análise feita resta demonstrado um aumento exponencial no número de publicações nos últimos 15 anos, sendo que até o ano de 2000 apenas um número limitado de aproximadamente 200 artigos estava relacionado diretamente com o tema dos nanomateriais e análise dos efeitos para saúde humana e animal. No entanto, a partir de 2001 registrou-se mais de 10 mil, na sua maioria deficientes e contraditórios, sem uma abordagem clara sobre a segurança dos nanomateriais e realizados com metodologia inadequada. Afirma-se que os resultados mais importantes da literatura analisada não tratam diretamente de uma abordagem toxicológica, mas de estudos mecanicistas. Muito embora se discuta indiretamente sobre os resultados toxicológicos mais relevantes, os resultados são confusos e em alguns casos frequentemente enganosos, pois os experimentos, de regra, são feitos em grandes concentrações ou dose elevadas, fornecendo tão somente percepções, nem sempre úteis para uma avaliação toxicológica do perigo. Ao final, propõe um modelo de melhoria consubstanciado nos resultados apresentados, com recomendações claras para necessidade de programas de financiamento, reguladores, e também projetos na área de nanotoxicologia. KRUG, H. F. Nanosafety research—are we on the right track? *Angew. Chem. Int. Ed.*, n. 53, p. 12306, 2014. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201403367/epdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵²⁹ Existe uma grande preocupação em relação a biocumulatividade de materiais nanoengenheirados. Um dos primeiros trabalhos sobre esta temática foi realizado por Seaton *et al.* que, em um ensaio in vivo com ratos, observaram a inflamação de tecidos intersticiais somente dos indivíduos que foram expostos a partículas nanométricas de 20 nm, enquanto que os demais, expostos a partículas de 250 nm, mantiveram-se saudáveis. In: PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 425, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015

⁵³⁰ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 49.

⁵³¹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 24. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

apresentada pelas substâncias químicas comuns”⁵³², motivo pelo qual recomenda a adoção do princípio da precaução dependendo dos dados científicos de segurança disponíveis⁵³³.

Importante destacar que mesmo com a identificação da estrutura, o tamanho e as propriedades das nanopartículas, a sua interação com o meio ambiente é muito complexa, “sua atividade biológica pode ser alterada radicalmente com a variação de algumas propriedades físico-químicas”⁵³⁴, dificultando a avaliação dos agentes nocivos, pois “para se mensurar a toxicidade de uma substância ou mistura de substâncias é indispensável a utilização de organismos vivos ou de sistemas biologicamente relacionados”⁵³⁵, submetidos a ensaios para obtenção de resultados voltados a antecipação de possíveis efeitos (ecotoxicológicos ou de ecotoxicidade)⁵³⁶ ou a ensaios para avaliar o grau de exposição e monitoramento do efeito existente, ou seja, para caracterizar os efeitos tóxicos que podem ser produzidos por determinadas substâncias⁵³⁷. As capacidades carcinogênicas de uma variedade delas são descritas na literatura científica, no entanto, para a maioria das substâncias os efeitos negativos sobre a saúde humana e ambiental ainda são incipientes, fator limitador para uma melhor percepção de segurança e avaliação dos riscos⁵³⁸.

Ao lidar com o desenvolvimento de materiais na escala nanométrica esse tipo de diagnóstico torna o desafio da gestão ainda maior, já que a possibilidade de materialização dos riscos desconhecidos (níveis de toxicidade) ameaça o objetivo da sustentabilidade⁵³⁹, razão pela qual depende de maiores investimentos públicos e privados para que centros de pesquisas apontem novos métodos de análise. A agência americana Food and Drug Administration (FDA) tem por objetivo assegurar a proteção e promover a saúde pública por meio de regulação e fiscalização da segurança de diversos produtos e setores. Em documento

⁵³² AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 25. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵³³ *Ibid.*, p. 25-26.

⁵³⁴ PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 425, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵³⁵ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Avaliação da toxicidade. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 137.

⁵³⁶ O termo ecotoxicologia foi cunhado por René Truhaut, em 1969, para designar o ramo da toxicologia voltado especificamente para o estudo dos efeitos de substâncias químicas sobre ecossistemas, e objetivando o estabelecimento de medidas para proteger seus vários componentes dos efeitos adversos de poluentes ambientais. *Ibid.*, p. 138.

⁵³⁷ *Ibid.*, p. 137.

⁵³⁸ NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de Risco em Toxicologia Ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 160.

⁵³⁹ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

produzido como guia para o setor cosmético, publicado em 2012, incentiva os fabricantes a informarem previamente sobre os métodos e ensaios necessários para dar maior segurança ao tipo de produtos que pretende lançar no mercado, no mesmo documento, recomenda que a avaliação de segurança deve considerar “a toxicidade dos ingredientes e suas impurezas; a dosimetria *in vitro* e a toxicologia *in vivo*, além de testes clínicos, quando necessários. A avaliação de segurança também deve abordar as questões de toxicocinética e toxicodinâmica”⁵⁴⁰.

Cabe destacar que os ensaios de toxicologia são realizados por métodos clínicos ou epidemiológico (exposição controlada do homem). Esse método acaba sendo muito restrito por questões éticas, o que faz com que seja direcionado para experimentação animal, por meio de monitoramento biológico e ambiental⁵⁴¹. Considerando que a (nano)toxicologia ganha espaço e está ligada tanto a saúde humana como ambiental, respeitada suas particularidades de cada ramo (Quadro 3), amplia-se o leque dos desafios a serem enfrentados a cada nova descoberta (conforme escala de ordenação ou efeitos a serem observados)⁵⁴² e com isso a definição de quais os tipos de ensaios e métodos a serem estabelecidos e aplicados para avaliação da toxicidade, fundamentais para elaboração do processo de avaliação de riscos⁵⁴³, que segundo a FDA, para garantir a segurança deve levar em consideração a caracterização do nanomaterial e as suas particularidades toxicológicas devido ao potencial de variação de composição e morfologia de cada um, para tanto, propõe que se adote uma descrição detalhada de cada nanomaterial, especificando o nome do material, o número no *Chemical Abstract Service (CAS number)*, a fórmula estrutural e sua composição elementar, especificando também o grau de purezas/impurezas e aditivos utilizados na sua composição. Recomenda também uma avaliação dos parâmetros de propriedades físico-químicas, tais

⁵⁴⁰ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 29-30. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁴¹ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Avaliação da toxicidade. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 137-138.

⁵⁴² Para a FDA, a avaliação de segurança inclui a identificação de perigo, a avaliação de dose-resposta, a avaliação da exposição e caracterização do risco. No entanto, testes padronizados de segurança podem necessitar modificações, ou mesmo novos métodos devem ser desenvolvidos para (1) avaliar as principais propriedades físicas e químicas que podem afetar o perfil de toxicidade de nanomateriais, e (2) os efeitos dessas propriedades em função da formulação cosmética. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI), op. cit., p. 30.

⁵⁴³ A título exemplificativo, “é hoje quase consenso, entre os ecotoxicologistas, que ensaios para determinar efeitos agudos, isoladamente, são insuficientes para antecipar danos aos ecossistemas causados por substâncias ou misturas de substâncias (p. ex. efluentes), mas mesmo assim, esses desempenham papel importante, em virtude da simplicidade, do baixo custo e da possibilidade maior de controle das condições experimentais, fatores importantes na garantia da reprodutibilidade e da confiabilidade dos resultados. In: OLIVEIRA-FILHO, op. cit., p. 138-139.

como: perfil granulométrico incluindo tamanho de partículas e sua distribuição, graus de aglomeração e agregação do nanomaterial, química de superfície, morfologia, solubilidade, densidade, estabilidade e porosidade⁵⁴⁴.

Quadro 3 - Diferenças entre a toxicologia clássica e a Ecotoxicologia

Toxicologia	Ecotoxicologia
Objetivo: Proteger os seres humanos da ação de substâncias tóxicas	Objetivo: Proteger populações e comunidades de diferentes espécies da ação de substâncias tóxicas
Utiliza animais experimentais	Pode utilizar as próprias espécies em questão
A espécie alvo é conhecida (homem), o que permite maior precisão na extrapolação dos resultados	Impossível conhecer e testar todas as espécies a serem protegidas, desse modo o grau de extrapolação não é tão preciso
A dose da substância administrada pode ser medida com precisão	A exposição se dá pela concentração da substância e a dose absorvida só é determinada através de experimentos de acumulação e metabolismo
Existe muito conhecimento sobre os animais experimentais e, grande ênfase é dada aos mecanismos de ação tóxica	Em muitos casos não se tem informações sobre a biologia dos organismos teste e, só recentemente mais atenção tem sido dispensada aos mecanismos de ação tóxica das substâncias

Fonte: Oliveira-Filho⁵⁴⁵.

No que se refere as nanotecnologias, a probabilidade de ocorrer algum tipo de evento de magnitude considerável leva a utilização do conceito de risco com maior intensidade para (re)formular posturas e auxiliar na tomada de decisões, ladeada sempre pela consideração da avaliação do risco/perigo versus benefícios de cada nova aplicação tecnológica, dada a dificuldade de se estabelecer uma avaliação e seleção confiável dos riscos que deverão ser enfrentados ou aceitos pela sociedade.

[...] não há uma metodologia padrão, não se sabe quais os níveis de substâncias nanoparticuladas são toleráveis pelo organismo humano, qual o seu critério em relação ao contato com o meio ambiente e não se tem um inventário seguro para saber quantas e quais são as nanopartículas que as pesquisas já criaram, o seu caráter mutacional é bastante grande e intenso⁵⁴⁶.

⁵⁴⁴ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 30. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁴⁵ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Avaliação da toxicidade. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 139.

⁵⁴⁶ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental.

Com efeito, qualquer tipo de avaliação (nano)toxicológica baseada na metodologia “dose/resposta”, tradicionalmente utilizada para obtenção de resultados em escala macro – restará prejudicada, pois os comportamentos são totalmente distintos em cada escala⁵⁴⁷. Inclusive, no que se refere a mobilidade (ar, água ou solo) das nanopartículas, cada qual apresenta características próprias que dependem do tamanho, carga, aglomeração, solubilidade, difusão, decomposição, entre outras. Sabe-se que “possuem maior reatividade química do que as partículas maiores. Assim acabam tendo maior acesso ao nosso organismo, podem possuir uma maior biodisponibilidade e uma maior bioatividade”⁵⁴⁸. Em outras palavras, pouco se sabe sobre os atuais níveis de (nano)exposição e se realmente as nanopartículas são nocivas ou inofensivas à saúde e meio ambiente⁵⁴⁹, não há como estabelecer níveis de tolerância⁵⁵⁰, e nesse caso, o risco oriundo das nanotecnologias deve ser

In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 357-358.

⁵⁴⁷ Importante se ter em conta que os testes de toxicidade podem ser realizados em culturas de células (in vitro) ou com organismos vivos (in vivo) como peixes, ratos e até seres humanos. Diversos ensaios toxicológicos padronizados estão disponíveis para se avaliar a resposta biológica de uma substância química. No entanto, não há padronização para a avaliação da toxicidade de nanopartículas, o que dificulta a comparação de resultados e o consenso sobre a toxicidade de um material. Os estudos realizados até o momento são adaptações dos procedimentos padrões utilizados para outras substâncias. PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, 426, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁴⁸ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 71-72.

⁵⁴⁹ Segundo notícia veiculada pela PlosOne até hoje os estudos não resultaram na criação de um conjunto de regras aplicáveis a muitas das novas nanopartículas em desenvolvimento, por exemplo biomédico, sendo que os resultados apresentam dados apenas de partículas de alguns tamanhos específicos e com algumas superfícies definidas, o que indica a necessidade de priorizar os estudos de segurança. Igualmente, aponta-se que os métodos convencionais são insuficientes, na medida que para obter um profundo entendimento das interações célula e nanopartículas, os cientistas centraram-se sobre os efeitos físico-químicos, o que torna a questão ainda permeada de vários debates sobre regulação e resultados em face das contradições geralmente apontadas pelos estudos. Afirma que os métodos convencionais negligenciam fatores importantes, tais como a sedimentação das nanopartículas e a absorção de proteínas e outras biomoléculas essenciais para a superfície de nanopartículas, além do efeito da célula “visão” (tipo de célula). Isso indica que é importante entender como as nanopartículas reagem a biodegradação nas células ou órgãos, assim introduzindo alterações intracelulares ou respostas inflamatórias. Reivindica-se que a comunidade científica assegure a qualidade dos estudos toxicológicos segundo três áreas principais: (i) a caracterização dos nanomateriais a ser testados; (ii) a validade e conformidade dos métodos selecionados de toxicidade; e, (iii) a influência da “Cell Vision”. Considera-se importante que se passe a incluir nas investigações não só as modificações de vários protocolos de toxicidade para obter resultados confiáveis, mas também considerar o efeito de “visão celular” na interpretação de seus dados para fornecer insights valiosos sobre os métodos pelos quais se possa combater os resultados de toxicidade e melhorar a interpretação, bem como generalização dos resultados da comunidade (nano)toxicológica para uma melhor compreensão dos efeitos das nanopartículas no meio celular, em particular a interação delas com biomoléculas, já que atualmente os resultados não são confiáveis e são de difícil reprodução. Por fim resta proposto um método modificativo que pode ser aprofundado pela consulta do artigo referido. LAURENT, S. Crucial ignored parameters on nanotoxicology: the importance of toxicity assay modifications and “cell vision”. *PLoS ONE*, [S.l.], v. 7, n. 1, p.e29997, 2012. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029997>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁵⁰ HOHENDORFF, op. cit., p. 72.

tratado e estudado caso-a-caso, muito embora, seja considerado impraticável face a limitação de recursos financeiros voltados para a pesquisa (nano)toxicológica⁵⁵¹.

A avaliação no gerenciamento dos riscos deve contemplar a análise de incertezas, que “são geradas pela combinação de três fatores principais: a variabilidade dos parâmetros, os erros de medidas e a falta de conhecimento”⁵⁵². Segundo Nardocci a “variabilidade está associada à variação de um parâmetro [...] os erros surgem de definição inadequada da amostra, erros de amostragem, erros de medidas de imprecisões [...] falta de conhecimento pode envolver parâmetros quantitativos e qualitativos”⁵⁵³.

[...] As fontes destas incertezas incluem o desconhecimento do próprio risco, bem como dos processos físicos, como os mecanismos de dispersão e transporte ambiental de um produto químico, além do desconhecimento de cenários futuros de uso do colo e dos mecanismos dose-resposta, por exemplo⁵⁵⁴.

Todas as orientações fomentadas mundialmente convergem e vem sendo desenvolvidas a partir dos estudos e reuniões das partes interessadas, tais como: indústria, trabalho, academia, governo e organizações não-governamentais, focadas em discutir a avaliação, gestão e comunicação dos riscos potenciais associados com o uso de nanomateriais⁵⁵⁵.

O estudo da incerteza associada às estimativas de risco possibilita que a sua magnitude seja avaliada, garantindo que as incertezas sejam tratadas da mesma forma em diferentes avaliações e permitindo, ainda, avaliar com o a incerteza de cada parâmetro contribui para a incerteza do resultado e, portanto, o quanto o avaliador foi consistente nas suas considerações durante a avaliação. Mas essas análises não eliminam as incertezas⁵⁵⁶.

Em 18 de setembro de 2008, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) anunciou que, para garantir o desenvolvido das nanotecnologias de forma responsável, a National Science Foundation (NSF) e EPA receberam US \$ 38 milhões para estabelecer dois Centros para as Implicações Ambientais da Nanotecnologia (CEIN). EPA contribuiu com

⁵⁵¹ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 50-51.

⁵⁵² NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 165.

⁵⁵³ Ibid., p. 165.

⁵⁵⁴ Ibid., p. 165.

⁵⁵⁵ INICIATIVA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA (NNI). *Perspectivas das partes interessadas sobre a percepção, avaliação e gerenciamento dos riscos potenciais da nanotecnologia (R3 Oficina)*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1025>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁵⁶ NARDOCCI, op. cit., p. 165.

US\$ 5 milhões para o prêmio geral, que é o maior prêmio de pesquisa em nanotecnologia em sua história. Os CEINs irão realizar pesquisas sobre os possíveis impactos, saúde, segurança e ambientais dos nanomateriais, utilizando abordagens muito diferentes do que estudos anteriores. Liderado pela Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA) e da Universidade de Duke, os CEINs irão estudar como os nanomateriais interagem com o ambiente e a saúde humana, e se destinam a resultar em melhores estratégias de avaliação de risco e mitigação a serem utilizados no desenvolvimento comercial de nanotecnologia. Cada CEIN vai funcionar como uma rede, conectado a vários organismos de investigação, indústria e agências governamentais, e vai enfatizar a investigação e a educação interdisciplinar. De acordo com a EPA, a UCLA CEIN irá se desenvolver um modelo preditivo científico para estudar os efeitos ambientais e de saúde de diferentes tipos de nanomateriais e saúde humana mais rápido do que pode ser feito por meio de testes de toxicidade animal tradicional. O modelo a ser desenvolvido irá considerar: quais os nanomateriais são mais propensos a entrar em contato com o meio ambiente, e quais animais e plantas podem atuar como sentinelas ao início das mudanças ambientais e métodos de alto rendimento para os muitos produtos químicos. No CEIN da Universidade de Duke, os pesquisadores planejam estudar os potenciais efeitos ambientais e biológicos sobre uma ampla gama de nanomateriais - do natural aos fabricados, utilizando uma abordagem tanto de laboratório como de análise de campo. No próximo ano, a equipe de pesquisa desenvolverá 32 ecossistemas rigidamente controlados e monitorados conhecido como "mesocosms", estes laboratórios vivos proporcionam áreas onde os pesquisadores podem adicionar nanopartículas e estudar as interações resultantes e efeitos sobre as plantas, peixes, bactérias e outros elementos⁵⁵⁷.

O Comitê Interministerial de Nanotecnologia vem seguindo o mesmo fio condutor da literatura produzida por instituições, focadas como base para o desenvolvimento da indústria⁵⁵⁸. A Royal Society & The Royal Academy of Engineering recomenda a construção de um centro transdisciplinar de pesquisadores e colaboradores de diversos países, a partir de financiamento públicos, para fomentar a investigação sobre a toxicidade, epidemiologia, persistência e bioacumulação de nanopartículas fabricadas para determinar as vias de

⁵⁵⁷ BERGESON, Lynn L. *EPA announces centers for the environmental implications of nanotechnology*. [S.l.], 25 set. 2008. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2008/09/epa-announces-centers-for-the-environmental-implications-of-nanotechnology/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

⁵⁵⁸ Pode citar entre outras: Environmental Protection Agency (EPA), Food and Drug Administration (FDA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Organization for Standardization (ISO). AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília, DF, 2010. p. 32. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

exposição e desenvolver métodos de controle e medição⁵⁵⁹, objetivando determinar a existência de efeitos toxicológicos nos nanomateriais.

Por outro lado, o Regulamento de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas da União Européia (REACH) afirma que é possível atualmente realizar avaliações de risco dos nanomateriais, inclusive, citando que estudos foram concluídos em 20 (vinte) medicamentos e 3 (três) embalagens para alimentos foram liberados para comercialização. O mesmo ocorreu com o Comitê Científico da Segurança dos Consumidores (SCCS) que garantiu e aprovou a segurança de um nanomaterial empregado em filtro solar, sendo que mais 3 (três) estão em fase final para liberação⁵⁶⁰.

Procura-se viabilizar o desenvolvimento das nanotecnologias sustentáveis, discutindo-se o caminho em direção à sustentabilidade para o mundo da indústria de nanotecnologia, facilitando-se a discussão sobre as questões relacionadas à saúde e segurança dos nanomateriais e das nanotecnologias, as implicações do ciclo de vida, avaliação de riscos e aspectos políticos e aplicação das nanotecnologias ambientais. Especial ênfase será dada na sustentabilidade e mais seguro por conceitos de design para o desenvolvimento responsável de nanotecnologias. Isto implica a necessidade de validar agrupamento de nanomateriais por suas classes químicas ou por seu modo de ação, mas também a necessidade de referência a produtos habilitados para nano por parâmetros, como padrão de uso e probabilidades dependente do cenário de liberação. Métodos e requisitos de avaliação de riscos precisam ser equilibrados e harmonizados entre os produtos químicos com e sem nano estruturas. A Nanotech2014 devido ao seu poder de convocação, pode reunir todos os interessados e facilitar as discussões sobre como podemos preparar o caminho para uma indústria de nanotecnologia sustentável. Aplicações e implicações EHS devem ser abordadas em paralelo, enquanto regulamentos de risco de saúde ambiental precisam ser baseadas em evidências científicas⁵⁶¹.

Contudo, vale frisar que medir com precisão a probabilidade de ocorrência de um evento não trará certeza da ocorrência ou não desse evento, tampouco permitirá conhecer-se o

⁵⁵⁹ THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, jul. 2004. p. X. Disponível em: <<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁶⁰ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 31. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁶¹ NANOTECNOLOGIA sustentável: apps ambientais e Implicações EHS. *Nanotech Advanced Materials & Applications*, [S.l.], jun. 2014. Disponível em: <http://www.techconnectworld.com/Nanotech2014/sym/Sustainable_Nanotechnology_Environmental_Apps_EHS_Implications.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

momento em que ocorrerá”⁵⁶², mas permite apontar “uma nova forma de se desenvolver as respostas jurídicas para as nanotecnologias, a partir das produções normativas geradas por agências e organismos internacionais, que já estão expedindo recomendações, standards e orientações, como novas formas de regulação”⁵⁶³, harmonizando o gerenciamento e análise de riscos “à luz de outros fatores sociais, econômicos, políticos e culturais, a fim de possibilitar que as decisões tomadas sejam as mais adequadas” em relação a segurança para a saúde e o meio ambiente.

3.3 Uma Sociedade Tecnocientífica: a (im)possível compatibilização entre direitos, inovação e tecnologia

O extraordinário avanço das (nano)tecnologias acarreta desassossego em relação aos riscos e perigos aos quais a sociedade contemporânea está inserida, ou seja, em um contexto onde se revela constante as pesquisas e manipulação da matéria, deve-se “focar nas reflexões éticas sobre os efeitos oriundos da evolução desenfreada de tecnologias, do contexto cultural e consumista vivenciado e do risco do mau uso da ciência [...]”⁵⁶⁴. Essa nova realidade tecnológica descortina a “necessidade urgente de disciplina, em forma geral, da amplitude do direito de obter informações, de as divulgar e utilizar e de as ignorar – se é que é possível conceber semelhante direito”⁵⁶⁵. Segundo Adriano Premebida a “questão é que entre a verdade e comportamentos existe muita contingência”⁵⁶⁶. Se impõe uma busca, um ponto de reflexão apto a questionar e dimensionar os contornos e implicações das condutas numa sociedade contemporânea, na qual “nossas decisões a respeito de questões sociotécnicas não podem ser deixadas apenas nas mãos de especialistas”⁵⁶⁷, deve contemplar novos elementos e característica próprias do seu tempo, onde a atividade humana rompe fronteiras e se aprofunda no absoluto tecnicismo manipulador da existência humana, que outrora era

⁵⁶² NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 165.

⁵⁶³ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 152, 2015.

⁵⁶⁴ *Ibid.*, p. 153.

⁵⁶⁵ NEDEL, José. *Ética aplicada: pontos e contrapontos*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004. p. 18.

⁵⁶⁶ “A VIDA biológica tornou-se tema e objeto político”. Entrevista com Adriano Premebida. [22 fev. 2008]. *Instituto Humanitas UNISINOS*, São Leopoldo, 22 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/12253-a-vida-biologica-tornou-se-tema-e-objeto-politico-entrevista-especial-com-adriano-premebida>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁶⁷ *Ibid.*

realizada pela seleção natural. Em outras palavras: “A aventura da tecnologia impõe, com seus riscos extremos, o risco da reflexão extrema”⁵⁶⁸.

Não é de se estranhar que “o progresso científico, colocado no centro do poder econômico e político, ficou cego em relação a benefícios e malefícios que, partindo dele, atingem a humanidade, de forma direta ou indireta”⁵⁶⁹, dado que “o aspecto ambivalente de toda ação técnica passou a implicar na impossibilidade de se distinguir e separar os efeitos bons e maus”⁵⁷⁰. Contudo, Bragato adverte que esses riscos, ainda que em prol do desenvolvimento, podem se transformar em danos efetivos àqueles que visam em um primeiro momento beneficiar⁵⁷¹. Segundo aduz Engelmann, já “não basta imitar a natureza, mas se pretende reproduzi-la e superá-la, deixando-a para trás. Como em nenhum outro momento da história da humanidade, tudo indica que o ser humano quer subjugar a natureza, declarando a sua independência em relação a ela”⁵⁷².

Na verdade, a “única certeza que se tem é que, em longo prazo, toda ação técnica gera efeitos ameaçadores”⁵⁷³. Outra que, o direcionamento das pesquisas no campo das nanotecnologias a margem de uma maior participação social, debate, reflexão e estudos de impactos - particularmente sobre os efeitos toxicológicos e suas interações com outros agentes presentes no ecossistema -, passa a ser fomentada com caráter essencialmente econômico.

[...] as nanotecnologias se desenvolvem, sobretudo, no domínio inorgânico e, por isso, muitas delas são compreendidas como tecnologias que não provocam prejuízos ao meio ambiente por poderem ser isoladas do meio orgânico. Esse raciocínio ignora a totalidade da vida e as implicações, que possam ocorrer no fato da técnica ser uma forma de reduzir a existência orgânica a um artefato humano⁵⁷⁴.

Importa, referir, que a técnica nanométrica, emerge como algo benéfico a sociedade, em áreas afins, contudo, passado o frenesi que envolve toda novidade, emerge a necessidade de análise sobre a relevância e grau da atuação social e política, de modo que se revele e se

⁵⁶⁸ HANS, Jonas. *O princípio da responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 22.

⁵⁶⁹ NEDEL, José. *Ética aplicada: pontos e contrapontos*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004. p. 18.

⁵⁷⁰ BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 322.

⁵⁷¹ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Paraná: Honoris Causa, 2011. p. 24-25.

⁵⁷² ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 347.

⁵⁷³ BARRETTO, op. cit., p. 322.

⁵⁷⁴ Ibid., p. 328.

exerça um papel fiscalizador, debatedor, onde seja exposto os anseios da coletividade, pois cabe aos atores envolvidos preencher o espaço deixado pela ciência, uma vez que ela “ficou restrita ao questionamento dos efeitos da técnica sem alcançar o problema fundamental que a tecnologia desencadeia: a questão da liberdade”⁵⁷⁵, compreendida como “consequência de um poder, cujos limites são reprojatados com o avanço da tecnologia”⁵⁷⁶.

De fato, enquanto a instrumentação técnica disponível era apenas suficiente para aqueles fins nos quais se expressava a satisfação das necessidades humanas, a técnica era um simples *meio*, cujo significado era inteiramente absorvido pelo *fim*; mas, quando a técnica *umenta quantitativamente* a ponto de se tornar disponível para a realização de qualquer fim, então *muda qualitativamente* o cenário, porque não é mais o fim que condiciona a representação, a pesquisa, a aquisição dos meios técnicos, mas será a ampliada disponibilidade dos meios técnicos que desvela o leque dos fins que, por meio deles, podem ser alcançados⁵⁷⁷.

No ímpeto do crescimento econômico as “tecnologias reconfiguram categorias sociais (como maternidade, filiação, etc)”⁵⁷⁸. Como consequência, ofusca-se diante a linha de conceitos não muito claros entre ciência e tecnologia – comumente considerada linear e independentes da sociedade⁵⁷⁹ - reflexões do tipo: “nem tudo que é tecnicamente possível é eticamente justificável”⁵⁸⁰.

Os resultados da problematização das relações entre ciência, tecnologia e sociedade têm mostrado, ao contrário, que o processo entre concepção e adoção é multilinear, e por isso é necessário substituir esta clivagem e empregar, simplesmente, a noção de tecnociência. A noção de tecnociência será entendida, então, como a fusão da ciência, tecnologia, indústria e os sistemas econômico/financeiros que financiam este complexo de relações⁵⁸¹.

⁵⁷⁵ BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 327.

⁵⁷⁶ *Ibid.*, p. 327.

⁵⁷⁷ GALIMBERTI, Umberto. *Psiche e techne: o homem na idade da técnica*. São Paulo: Paulus, 2006. p. 12.

⁵⁷⁸ “A VIDA biológica tornou-se tema e objeto político”. Entrevista com Adriano Premebida. [22 fev. 2008]. *Instituto Humanitas UNISINOS*, São Leopoldo, 22 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/12253-a-vida-biologica-tornou-se-tema-e-objeto-politico-entrevista-especial-com-adriano-premebida>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁷⁹ MATTEDI, Marcos Antônio; MARTINS, Paulo R.; PREMEBIDA, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. *Pensamento Plural*, Pelotas, ano 5, n. 9, p. 115-138, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/pensamentoplural/article/view/3630/2966>>. Acesso em: 24 jun. 2015. p. 124.

⁵⁸⁰ JUNGES, José Roque. *Bioética: perspectivas e desafios*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1999. p. 202.

⁵⁸¹ MATTEDI, op. cit., p. 124.

Por outro lado, é de recordar “que a tecnociência por si é incapaz de propiciar solução para os eternos problemas humanos do sentido da vida”⁵⁸². O que vale dizer que “o reconhecimento desse limite, pelo indivíduo, é condição para a descoberta do caminho que leva à plena realização das pessoas em sua radical ambiguidade e fragilidade”⁵⁸³.

Considerando-se que, os “Estados agora são acompanhados no exercício do poder global por empresas transnacionais, grandes laboratórios, redes de comunicação e instituições financeiras que realizam operações que ultrapassam as fronteiras territoriais”⁵⁸⁴, tem-se, que “a tecnociência tem conferido aos homens poderes cada vez maiores. Seu totalitarismo põe em risco o mundo natural e a humanidade inteira. O que o poder apocalíptico da tecnociência põe em jogo, além da sobrevivência física da espécie humana, é também a própria integridade da sua essência”⁵⁸⁵. Pode-se dizer que “as relações de poder são o cenário de definição hierárquica que situa cada grupo no panorama de realização ou de violação de direitos humanos”⁵⁸⁶, na medida em que a partir desse “modelo de mercado tecnocientífico, tudo se torna disputado, inclusive o patrimônio genético da humanidade torna-se um território em exploração e requer que todas as barreiras sejam abolidas, independentemente dos riscos possíveis”⁵⁸⁷.

Nesse aspecto, o desenvolvimento da nanotecnologia desafia os humanos e traz outro viés para o debate sobre o risco, multiplicado pelas novas formas de controle do ciclo humano pelo detentor das descobertas⁵⁸⁸. A exploração científica das nanotecnologias também deve colocar em debate as dimensões do poder⁵⁸⁹, já que “sob o pretexto de um bem maior, a falta de limites éticos nas práticas científicas levará, no mínimo, a uma profunda transformação da raça humana, implicando impactos no e para o exercício de liberdades humanas e o

⁵⁸² NEDEL, José. *Ética aplicada: pontos e contrapontos*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004. p. 30.

⁵⁸³ Ibid., p. 30.

⁵⁸⁴ ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1, p. 111-150.

⁵⁸⁵ NEDEL, op. cit., p. 146.

⁵⁸⁶ CULLETON, Alfredo Santiago; BRAGATO, Fernanda Frizzo; FAJARDO, Sina Porto. *Curso de direitos humanos*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009. p. 191.

⁵⁸⁷ ARRUDA, Arlete Aparecida Hildebrando de. *Análise dos processos decisórios em face dos riscos tecnológicos a percepção de riscos, as consequências dos acidentes e os gestores públicos na cidade de Canoas?* 2010. p. 123. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Universidade do Vale do rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/tede/ArleteArrudaCienciasSociais.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁸⁸ ENGELMANN, op. cit., p. 111-150.

⁵⁸⁹ Divide-se em três: “Poder econômico, que define o acesso a bens e serviços que constituem a qualidade de vida; poder político, que define a autonomia e a liberdade em relação ao Estado; e poder cultural, que define as posições na sociedade em si, desde as relações interpessoais até as sociais. CULLETON; BRAGATO; FAJARDO, p. 191.

desenvolvimento social e sustentável”⁵⁹⁰. Igualmente, “expressam o cenário de vulnerabilidade de certos grupos e indivíduos em relação aos direitos humanos”⁵⁹¹, todas consideradas como uma “questão econômica (exclusão e pobreza), política (minorias) e cultural (discriminação)”⁵⁹².

A partir das nanotecnologias, surge uma nova mudança: o biopoder que, na perspectiva de Foucault, era o exercício do poder estatal sobre a vida, provocando uma verdadeira gestão sobre a vida, agora não estará mais a cargo do Estado, dada a emergência de outros atores, especialmente a partir da globalização. Além disso, ocorre uma outra mudança significativa: o poder não está mais preocupado com a vida, mas com as tecnologias, especialmente as nanotecnologias, a sua pesquisa, desenvolvimento e comercialização. Todas estas operações carregam consigo investimentos financeiros de alta monta, caracterizando-se, assim, um novo poder: aquele que tiver maiores condições de realizar investimentos financeiros e ir mais longe no domínio da natureza, inclusive a natureza humana, será o detentor do poder⁵⁹³.

Assim, o Direito terá que lidar com as “implicações do exercício do biopoder”⁵⁹⁴, ou seja, tendo que atualizar o seu conjunto teórico com instrumentos conceituais, éticos e políticos para tratar de questões que atinge referências sobre o natural e o artificial, o corpo e o espírito e o ambiente e a sociedade⁵⁹⁵. Mesma preocupação que demonstra Engelmann quando afirma que a ciência moderna e o contexto das nanotecnologias demonstram uma força que busca “invadir, inventariar, copiar, transformar, adaptar, em última análise, dominar. Será a partir desse conjunto de ações que surgirá um novo poder: o bio(nano)poder”⁵⁹⁶. Diante o contexto de desenvolvimento tecnológicos que se apresenta, a dimensão da responsabilidade deve ser repensada frente a novos paradigmas.

Nunca a responsabilidade orientada para o futuro era norma natural do agir para os antigos. A razão é intuitiva. Em outros tempos, a ciência e o poder,

⁵⁹⁰ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 24.

⁵⁹¹ CULLETON, Alfredo Santiago; BRAGATO, Fernanda Frizzo; FAJARDO, Sinara Porto. *Curso de direitos humanos*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009. p. 191.

⁵⁹² *Ibid.*, p. 191.

⁵⁹³ ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1, p. 111-150.

⁵⁹⁴ BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 328.

⁵⁹⁵ “A VIDA biológica tornou-se tema e objeto político”. Entrevista com Adriano Premebida. [22 fev. 2008]. *Instituto Humanitas UNISINOS*, São Leopoldo, 22 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/12253-a-vida-biologica-tornou-se-tema-e-objeto-politico-entrevista-especial-com-adriano-premebida>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁵⁹⁶ ENGELMANN, op. cit., p. 111-150.

dos quais decorre a responsabilidade, eram bem mais limitados do que hoje; disso decorria também a limitação da responsabilidade. Quase tudo era confiado à permanência da ordem natural e ao destino⁵⁹⁷.

Por essa razão, a aceitação dos resultados do crescimento econômico e (nano)tecnológico não deve trilhar uma rota de colisão com o pressuposto da dignidade da pessoa humana, já que ela “não é um valor que decorre apenas do fato de sermos seres livres e racionais, mas, antes, de sermos parte da humanidade que pretende não só continuar existindo, mas também potencializar o exercício das liberdades humanas e o desenvolvimento social e sustentável”⁵⁹⁸. Também não pode colocar em risco a proteção dos “direitos de personalidade: direito à imagem, à privacidade, ao próprio corpo, à integridade física e ao nome (Código Civil, a partir do art. 11)”⁵⁹⁹, mas deve se pautar pelo “espaço social dos Direitos Humanos”⁶⁰⁰, do qual estão vinculados e avaliar a simbiose entre o homem e a máquina, “sobretudo diante da evidencia de abusos e malefícios realizados com o uso opressivo e desumano de técnicas descobertas”⁶⁰¹. A uma, porque a efetividade da “responsabilidade orientada para o futuro é uma responsabilidade total, que se realiza historicamente, abarcando o seu objeto em sua historicidade. Por isso, ela é contínua”⁶⁰² e a duas, porque revela uma “obrigação moral pela preservação da liberdade das próximas gerações”⁶⁰³.

De fato, torna-se imperativa a produção de respostas científicas e sociais para o estabelecimento de “normas morais (antes mesmo que as legais) aptas a conduzir a aplicação de tecnologias que procedam em um ritmo cada vez mais rápido”⁶⁰⁴, como é o caso das nanotecnologias. Para tanto, “a pergunta sobre os limites da ação humana pressupõe, antes, a redefinição do que conta como efetivamente humano e, portanto, do que é digno de respeito e proteção”⁶⁰⁵. Em outras tintas, estabelecer limites mínimos e toleráveis para o risco⁶⁰⁶, pressupõe “aceitar que o seu conteúdo, mesmo sem estar positivado, deverá ser observado,

⁵⁹⁷ NEDEL, José. *Ética aplicada: pontos e contrapontos*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004. p. 149.

⁵⁹⁸ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 33.

⁵⁹⁹ ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1, p. 111-150.

⁶⁰⁰ *Ibid.*, p. 111-150.

⁶⁰¹ BERLINGUER, Giovanni. A ciência e a ética da responsabilidade. In: NOVAES, Adauto. *O homem-máquina: a ciência manipula o corpo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. p. 192.

⁶⁰² BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 326.

⁶⁰³ *Ibid.*, p. 327.

⁶⁰⁴ BERLINGUER, op. cit., p. 210.

⁶⁰⁵ BRAGATO, op. cit., p. 37.

⁶⁰⁶ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 61.

posto ser o elemento básico para a caracterização e a preservação axiológica em qualquer evolução tecnológica”⁶⁰⁷.

Vislumbra-se, portanto, que o Direito seja corporalizado por meio de normas flexíveis e adaptáveis, assentadas pela voluntariedade e envoltas por interesses diversos, haja vista que a ciência e o conhecimento constituem a estrutura da nova dinâmica global do poder⁶⁰⁸. Nessa tessitura, a “técnica (expressa como tecnologia) está atrelada ao capital e aos processos de acumulação e ronda o limiar de isolar o saber de suas consequências”⁶⁰⁹. Ademais, o estilo de vida pós-moderno e a consolidação de hábitos, rotinas e critérios de escolha do próprio indivíduo, caracteriza um amadurecimento da consciência em medir seus riscos sem a regulamentação estatal⁶¹⁰.

Quanto mais o indivíduo pede autonomia, mais deve responsabilizar-se por suas escolhas e estar preparado para compreender os sistemas peritos que lhe traz benefícios ao mesmo tempo em que lhe impõe novos riscos e os mecanismos subjetivos para lidar com os critérios de escolha e comportamento de uma linguagem do risco⁶¹¹.

Naturalmente, o Direito atuando como mediador entre ciência e sociedade deve encontrar um nível aceitável de risco para atribuir a segurança e responsabilidade em tratar das nanotecnologias, tendo de enfrentar também as mudanças e os reflexos da globalização, ou seja, do deslocamento da autoridade/poder do Estado para a autonomia do “poder econômico de financiar pesquisas sofisticadas, tendentes a desenvolver produtos a partir do domínio da natureza”⁶¹². Essa realidade implica sobremaneira a aceitação de riscos, mas por outro lado acentua uma preocupação em relação a manipulação cultural, na medida que as “empresas e cientistas querem um indivíduo livre e informado para escolher seu estilo de vida”⁶¹³ e assim transformá-lo em uma espécie de empresa, que se responsabiliza individualmente pelo risco do desenvolvimento e da sua própria escolha⁶¹⁴.

Assim, se verifica que o corpo e a vida passam a representar duas finalidades: uma, nos termos de ser o receptáculo para a verificação dos

⁶⁰⁷ ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1, p. 111-150.

⁶⁰⁸ Ibid., p. 111-150.

⁶⁰⁹ ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. *Nanobiotecnologias, biopolítica e novas sociabilidades*. [S.l.], 2008. p. 4. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/534.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶¹⁰ Ibid., p. 19.

⁶¹¹ Ibid., p. 19.

⁶¹² ENGELMANN, op. cit., p. 111-150.

⁶¹³ ALMEIDA, op. cit., p. 19.

⁶¹⁴ Ibid., p. 19.

efeitos das investigações e, dois, para que haja consumidores dos novos produtos que, a partir de testes preliminares mostram-se “inofensivos”, serão colocados no mercado cada vez em maior número e com mais itens de sedução pelos resultados que são prometidos⁶¹⁵.

Nesse debate, os diálogos transdisciplinares⁶¹⁶ com as outras áreas do conhecimento são determinantes para a clarificação acerca da percepção dos riscos, da liberdade de escolhas e de como as decisões feitas no presente impacta a vida no futuro. *Para* tanto, “o progresso deverá vir acompanhado da liberdade para avançar, recuar, parar ou retroceder, dependendo dos resultados que vão sendo obtidos”⁶¹⁷, respeitando-se limites éticos entre os meios e os fins da pesquisa em escala nanométrica, bem como o direito à informação, mantendo-se aberto o espaço de discussão no qual o risco aos direitos da personalidade e o aspecto econômico-financeiro das nanotecnologias não sejam sobrepostos às questões relacionadas aos humanos⁶¹⁸. Motivo pelo qual, exaustivamente, se impõe uma busca, um ponto de reflexão apto a questionar e dimensionar os contornos e implicações das condutas na sociedade contemporânea, com novos elementos e característica próprias de seu tempo, tendo em conta que a atividade humana rompe fronteiras e se aprofunda no absoluto tecnicismo manipulador da existência humana, incapaz de distinção entre benefícios e malefícios, ambivalência que

⁶¹⁵ ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 01, p. 111-150.

⁶¹⁶ Segundo Fornasier o desenvolvimento nanotecnocientífico, para ser possibilitado, demanda um grande esforço para além das fronteiras disciplinares, como aporte para a abordagem do risco pelo Direito para além da exegese jurídica, que se demonstra insuficiente para tratar da complexidade e problemática dos riscos tecnológicos, demandando, portanto, esforços no sentido da transdisciplinariedade, segundo os quais tais sistemas comunicativos poderiam ser visualizados para além de suas lógicas internas – possivelmente resultando, assim, em análises mais acuradas, diversa da linearidade do tradicional raciocínio legalista. A título exemplificativo, cita que a descoberta do funcionamento dos processos bioquímicos concernentes à hereditariedade só se deu a partir do momento em que biólogos tiveram de estudar química e vice-versa. Isso fez com que os limites estabelecidos entre, por exemplo, física, química, biologia e astronomia foram substituídos por campos extremamente prolíficos e profícuos de empenho e interesse comuns, virtualizando-se, também, em outros campos e subdisciplinas e configurando assim, a evolução do sistema da ciência como um todo complexo e transdisciplinar, reconhecendo-se a dependência e a necessidade de interação e acompanhamento, bem como o compartilhamento recíproco de todas as informações sobre os avanços e as descobertas científicas alcançadas com as demais áreas do conhecimento. Os diálogos transdisciplinares podem/devem ser promovidos entre as seguintes áreas do conhecimento: química e física do estado sólido; física inter e intramolecular; conhecimentos sobre partículas localizadas e individuais; métodos de medição de partículas; microscopia dos mais variados e avançados tipos; espectroscopia; conhecimentos de química orgânica e física das estruturas moleculares (principalmente no que tange ao carbono, seus compostos orgânicos e polímeros); engenharia de materiais nanoestruturados; eletromagnetismo; física e mecânica quântica; conhecimentos sobre automontagem; conhecimentos sobre catálise, entre muitas outras. FORNASIER, Mateus de Oliveira. *Nanotecnologias, transdisciplinaridade e teoria dos sistemas autopoieticos*: apontamentos em prol de uma visão dialogal das ordens jurídicas normativas da sociedade mundial. [S.l.], 2012. p. 467-471. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=5e4c4233882f7f4d>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶¹⁷ ENGELMANN, op. cit., p. 111-150.

⁶¹⁸ *Ibid.*, p. 111-150.

[...] acarreta a imprevisibilidade dos efeitos que as ações humanas (realizadas a partir da técnica) poderão provocar. A única certeza que se tem é que, em longo prazo, toda ação técnica gera efeitos ameaçadores. Esta ameaça ao equilíbrio e à existência da vida justifica a exigência de reflexão ética sobre a ação técnica⁶¹⁹.

Em outras palavras: “A aventura da tecnologia impõe, com seus riscos extremos, o risco da reflexão extrema”⁶²⁰. A realidade contemporânea demonstra que o “progresso científico, colocado no centro do poder econômico e político, ficou cego em relação a benefícios e malefícios que, partindo dele, atingem a humanidade, de forma direta ou indireta”. Nesse compasso a pesquisa no campo científico tecnológico, em especial, das nanotecnologias, consideradas como área estratégica e mais promissora tecnologia da atualidade, desenvolve-se a margem de uma maior participação social, debate, reflexão e estudos de impactos humanos e ambientais, em particular sobre a potencialidade de efeitos toxicológicos e interações com outros agentes naturais e artificiais.

[...] as nanotecnologias se desenvolvem, sobretudo, no domínio inorgânico e, por isso, muitas delas são compreendidas como tecnologias que não provocam prejuízos ao meio ambiente por poderem ser isoladas do meio orgânico. Esse raciocínio ignora a totalidade da vida e as implicações, que possam ocorrer no fato da técnica ser uma forma de reduzir a existência orgânica a um artefato humano⁶²¹.

Importa, referir, que a nanotecnologia, emerge como algo benéfico a sociedade, em áreas afins, traz consigo o debate acerca das implicações frente aos direitos humanos. Fato esse que pode ser extraído, inclusive, pelo pouco suporte de conhecimento interdisciplinar gerado por iniciativas formais e não formais de educação para formação nessa área. Laureth e Invernizzi abordam essa questão e afirmam que “uma estratégia de formação e/ou requalificação para o trabalho de alto nível tecnológico ainda não foi delineada mesmo com a criação recente do Comitê Interministerial de Nanotecnologia⁶²².”

Nesse quadro geral importa o debate sobre as transformações jurídicas das relações privadas, sobre a flexibilização de normas interpretadas à luz da Constituição, consubstanciadas pela articulação dos princípios ambientais, bem como sobre a necessidade

⁶¹⁹ BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 322.

⁶²⁰ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 22.

⁶²¹ BARRETO, op. cit., p. 328.

⁶²² LAURETH, Waleska Camargo; INVERNIZZI, Noela. Educando a força de trabalho no Brasil: demandas da indústria e ofertas das universidades. *Acta Scientiarum: Human and Social Sciences*, Maringá, v. 34, n. 2, p. 208, jul./dez. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/18781/pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ou não de uma recodificação normativa, em outras palavras, de “um conjunto normativo sistematicamente compreensível e passível de apreensão em um corpus codificado”⁶²³. Vale dizer, tal questionamento deve ser fomentado face as multifacetadas relações da sociedade contemporânea, “tendo em vista, notadamente, as necessárias inter-relações entre o Código Civil, a Constituição Federal e as leis que, regulando matéria especial, compõem o que se convencionou chamar de microssistemas legislativos⁶²⁴, caso contrário pode tornar infrutífera toda e qualquer “tentativa de tipificar a totalidade das situações jurídicas que, assim como os bens jurídicos objeto do direito, multiplicam-se a cada momento”⁶²⁵.

[...] Se o pluralismo ensejou a descodificação do sistema fechado (o Código), das categorias e dois institutos jurídicos (basta pensar na propriedade e no negócio jurídico), inútil seria buscar recompor o sistema com um novo e unificado corpo legislativo, por melhor que fosse, sem que se altere, profunda e radicalmente, a cultura jurídica em cujo meio se pretenda inseri-lo⁶²⁶.

Por outro lado, considerando-se “o caráter normativo de valoração e solidariedade social, da dignidade da pessoa humana, da função social da propriedade, aos quais se tem assegurado eficácia imediata nas relações de direito civil”⁶²⁷, não se vislumbra tão cedo a produção do ordenamento codificado, o que somente se justificaria com a “abertura do sistema jurídico através da aplicação dos princípios constitucionais”⁶²⁸, ou seja, por meio de uma nova Teoria do Direito e uma reforma legislativa, o que

[...] só se justifica com adoção de princípios normativos e de cláusulas gerais que não sejam meras estruturas formais e neutras, mas, vinculadas a critérios expressamente definidos, expressem a tábua de valores da sociedade, consagrada na Constituição. Ao lado disso o legislador deve absorver cuidadosamente a experiência constitucional dos últimos dez anos, consciente da realidade sociocultural contemporânea, não se afastando da história, para meramente chancela-la⁶²⁹.

A constância do movimento e das transformações das relações sociais revela e submete o direito a uma forte incapacidade de acompanhar e normatizar todas as previsões

⁶²³ COSTA, Judith Martins. O direito privado como um sistema em construção: as cláusulas gerais no projeto do código civil brasileiro. *Revista de Informação Legislativa*, Brasília, DF, ano 35 n. 139, p. 5, jul./set. 1998. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/383/r139-01.pdf?sequence=4>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶²⁴ *Ibid.*, p. 6.

⁶²⁵ TEPEDINO, Gustavo. *O código civil, os chamados microssistemas e Constituição: premissas para uma reforma legislativa*. Rio de Janeiro: Renovar, 2008. p. 8.

⁶²⁶ *Ibid.*, p. 10.

⁶²⁷ *Ibid.*, p. 10.

⁶²⁸ *Ibid.*, p. 11.

⁶²⁹ *Ibid.*, p. 13.

possíveis, como outrora vinha fazendo, não há, portanto, mais espaço para regular fato passado, o cenário hoje é interativo, coloca em xeque os novos conceitos, intensifica novas situações de conflitos, mudanças que contribuem incessantemente para a “erosão do monismo jurídico [...] e abrem caminho para o advento de uma situação de efetivo pluralismo normativo; ou seja: para a existência de distintas ordens jurídicas autônomas”⁶³⁰.

Permanece o questionamento e a reflexão sobre os novos desafios e conceitos jurídicos capazes de gerar uma fonte de superação do velho em direção ao novo. As possibilidades estão dispostas, basta que haja um canal de abertura para novas concepções, um empenho na construção multidisciplinar que atenda as demandas impostas pelas relações emergentes do constante processo de inovação tecnológica.

Nesse processo construtivo, surge “a questão da legitimidade constitucional da proibição de desenvolvimento de algumas tecnologias ou, pressupondo a possibilidade de um efetivo controle – o que, em termos globais, necessita demonstração-, do acesso a elas”⁶³¹. Ou seja, quando se trata de nanotecnologias, “o primeiro desafio para a instalação de processo inovador no Direito é se abrir para outras áreas do conhecimento, como as quais possa aprender e trocar experiências e conceitos, a fim de se enriquecer e renovar”⁶³².

Deste modo, um ponto de encontro de valores e princípios está delineado, “é na Constituição que, ao longo da modernidade e da contemporaneidade, positivam-se os fundamentos do que se denomina direito vigente, a ser respeitado por todos os que estiverem sob a égide de determinada ordem jurídica”⁶³³. Portanto, é nessa potencializada sociedade contextualizada hoje como transnacional, globalizada e em rede que o Direito “deve-se abrir para receber os reflexos da inovação que se projeta na e a partir da sociedade e dela nas diversas áreas do conhecimento, sejam da Ciências Humanas ou da Ciências Exatas”⁶³⁴, permitindo a compreensão do significado das novas possibilidades e soluções para a questão do risco produzido pela sociedade tecnocientífica⁶³⁵.

⁶³⁰ FARIA, José Eduardo. *O direito na economia globalizada*. São Paulo: Malheiros, 1999. p. 15.

⁶³¹ LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 75.

⁶³² ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a propriedade intelectual: Desafios e possibilidades à gestão transdisciplinar da inovação. In: BOFF, Salette Oro; PIMENTEL, Luiz Otávio (Org.). *A proteção jurídica da inovação tecnológica*. Passo Fundo: IMED, 2011. p. 33.

⁶³³ GOMES, Sérgio Alves. *Hermenêutica constitucional: um contributo à constituição do Estado democrático de direito*. Curitiba: Juruá, 2008. p. 57.

⁶³⁴ ENGELMANN, op. cit., p. 33.

⁶³⁵ Nesse sentido, a utilização de instrumentos e conhecimentos da área ambiental. A título exemplificativo, a “instrumentalização dessa característica pode ser vislumbrada pragmaticamente através da integração ou intercâmbio entre conhecimentos técnicos e o direito, fornecida por instrumentos tais como o EIA/RIMA, o licenciamento ambiental, laudos técnicos multidisciplinares, a perícia ambiental, a avaliação econômica dos

Para que se tenha efetividade nesse exercício, essencial, portanto, o foco na postura e no comportamento ético, responsável, solidário e sustentável em defesa da vida humana e não humana, objetivo maior da ciência e tecnologia⁶³⁶, mas antes de tudo, é necessário “refletir não só a respeito das tecnologias, mas também do contexto em que se colocam, dos poderes que as controlam e dos fins para que são utilizadas”⁶³⁷.

danos ambientais para título de atribuição de valor indenizatório, o cálculo de probabilidade e riscos em laudos e Estudos de Impacto Ambiental etc”. CARVALHO, Délon Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 61.

⁶³⁶ Para Engelmann, “[...] apesar dos desafios trazidos pelas nanotecnologias e a globalização, os Direitos Humanos ainda são uma justificativa ética mínima que não poderá ser esquecida e nem negligenciada, especialmente no momento em que se definirem as diretrizes para os marcos regulatórios”. ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1, p. 111-150.

⁶³⁷ BERLINGUER, Giovanni. A ciência e a ética da responsabilidade. In: NOVAES, Adauto. *O homem-máquina: a ciência manipula o corpo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. p. 210.

4 A GESTÃO DOS RISCOS GERADOS EM ESCALA NANOMÉTRICA A PARTIR DO MODELO DA LOGÍSTICA REVERSA

[...] todo e qualquer meio alternativo de subsídios para uma boa gestão ambiental deve levar em consideração os instrumentos e as ferramentas que a própria legislação alcança aos empreendimentos potencialmente ou efetivamente poluidores para se adequarem à nova realidade⁶³⁸.

No cenário tecnológico, considerada a “agudização de riscos, como aqueles relacionados com a nanotecnologia, uma abordagem complexa dos riscos poderia diminuir os elevados níveis de incerteza”⁶³⁹, razão pela qual se torna relevante a análise e gerenciamento de risco pelas políticas públicas e privadas sob dois enfoques. Isso porque “o limiar do risco pode fixar-se de maneiras muito diferentes, segundo seja o caso de que um participe do risco como portador de decisões ou como afetado pelas decisões arriscadas”⁶⁴⁰.

Enquanto o objetivo da avaliação de risco é *identificar* o risco, o objetivo da *gestão de risco* é reagir a ele. Mais ainda, a gestão de risco preocupa-se em avaliar e selecionar entre instrumentos alternativos de políticas visando diminuir o risco de um determinado perigo à sociedade. Para avaliar várias opções de políticas, o responsável pelas decisões precisa levar em conta não somente as informações dadas pela caracterização do risco, mas também fatores, como viabilidade tecnológica, custo de implementação e outras implicações econômicas⁶⁴¹.

Para se ter uma ideia sobre a preocupação acerca do tema alguns setores buscam dar um maior destaque a partir da divulgação de ações voltadas para a gestão dos riscos. No âmbito privado, como exemplo de iniciativa e fomento à informação, cita-se a BC Bergeson & Campbell PC, que é um escritório de advocacia de Washington DC com foco em questões de negócios associados a engenharia química na nanoescala, pesticidas e outros produtos químicos, aprovação e regulamentação, litígios. No seu blog traz notícias e divulgação sobre a prática da gestão de riscos nanotecnológicos. Em recente veiculação, relata que em 26 de maio de 2015, a Nanotecnologias Sustentáveis (SUN) iniciou uma pesquisa sobre gestão de

⁶³⁸ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 172, 2015.

⁶³⁹ PEREIRA, Reginaldo. *A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia*. 2013. f. 285. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

⁶⁴⁰ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidad Iberoamericana, 1992. p. 45.

⁶⁴¹ THOMAS, Janet M; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antônio Claudio Lot, Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 152.

riscos da nanotecnologia. Um objetivo essencial da SUN é construir o Sistema de Apoio à Decisão para facilitar a nano fabricação segura e sustentável e gestão de riscos, integrando ferramentas para a avaliação ecológica e riscos para a saúde humana, a avaliação do ciclo de vida, avaliação econômica e avaliação do impacto social dentro de um quadro de avaliação de sustentabilidade. Além disso, a SUN procura respostas do pessoal de empresas envolvidas em atividades relacionadas com a nanotecnologia que estão familiarizados com as práticas de gestão de risco⁶⁴².

A implementação da gestão, perpassa previamente pela *avaliação e identificação de riscos* de forma qualitativa e quantitativa. Na prática passa a ser realizada pelos cientistas, aptos a analisar, interpretar todos os dados pesquisados sobre determinado agente nocivo. Em geral o modelo de avaliação percorre quatro etapas de análise, quais sejam: a identificação de perigo para determinar a relação causa-efeito; a dose-resposta para quantificar os níveis de dose-tolerância à reação ambiental e humana; a exposição que define fontes, níveis de concentração, trajetória e sensibilidade na população afetada, e a caracterização do risco que é a descrição completa do risco determinado pela avaliação de perigo e exposição⁶⁴³.

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 casualidad: existen determinados factores sociales que guían el proceso de selección⁶⁴⁴.

Desse modo, a *gestão de risco* visa em particular determinar qual o nível de risco aceitável para a sociedade, bem como avaliar e selecionar o melhor instrumento de política para alcançar esse nível de risco. Portanto, o objetivo comum de toda e qualquer estratégia de gestão de riscos é diminuí-lo. Por sua vez, ao se estabelecer um nível aceitável de risco, o nível de exposição determina a formulação e o grau de rigor de políticas públicas para eliminar/reduzir o nível de exposição a zero ou então apenas ajustá-lo a níveis toleráveis⁶⁴⁵.

Nesse compasso, a avaliação e seleção de instrumentos de políticas deve abordar alternativas que viabilizem atingir a aceitação do nível de risco definidos pelo gestor, selecionando-se a melhor dentre as opções encontradas, o que pode incluir métodos de

⁶⁴² BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. *Sun opens survey on risk management of nanotechnology*. [S.l.], 22 jun. 2015. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2015/06/sun-opens-survey-on-risk-management-of-nanotechnology/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁴³ THOMAS, Janet M.; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antônio Claudio Lot, Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 146-150.

⁶⁴⁴ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 46.

⁶⁴⁵ THOMAS; CALLAN, op. cit., p. 152.

comando e controle, ou ainda, diretrizes ancoradas no mercado, levando-se sempre em consideração a magnitude dos riscos, benefícios e custos envolvidos nos instrumentos eleitos para o controle, bem como a (re)avaliação sistemática das opções⁶⁴⁶. Sob esse viés, identifica-se que a Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê tanto a gestão e a possibilidade de inclusão de outros resíduos potencialmente perigosos além dos já relacionados. Nesse caso, as nanotecnologias podem perfeitamente ser inseridas nesse contexto normativo. Ademais, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) elencou nos incisos I a VI do art. 33 um rol de produtos e embalagens - muitas das aplicações nanotecnológicas desenvolvidas estão sendo incorporadas nesses produtos - cujos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes encontram-se obrigatoriamente submetidos a estruturação e implementação dos sistemas de logística reversa após o uso pelo consumidor, portanto, a logística reversa na modalidade pós-consumo.

Analisando os dispositivos em questão (art. 33, incisos I a VI) verificamos que estão submetidos a implantação do sistema de logística reversa os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: agrotóxicos e seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes e seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, e vapor de sódios e mercúrio e luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes, cosméticos.

Portanto, deve-se observar as regras de gerenciamento de resíduos perigosos que constituem riscos, bem como a logística reversa como instrumento legal com o qual o direito poderá intervir no processo de desenvolvimento (nano)tecnológico de modo a orientar a sua adequação para a criação de um marco regulatório, sem contudo, intervir diretamente na fase inicial das pesquisas⁶⁴⁷. Segundo o Regulamento de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas da União Européia (REACH)⁶⁴⁸ “se por um lado a

⁶⁴⁶ THOMAS, Janet M; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antônio Claudio Lot, Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 153.

⁶⁴⁷ MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 108.

⁶⁴⁸ PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) n° 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de dezembro de 2006. Relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos, que altera a Directiva 1999/45/CE e revoga o Regulamento (CEE) n.º 793/93 do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1488/94 da Comissão, bem como a Directiva 76/769/CEE do Conselho e as Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE da Comissão. *Jornal Oficial da União Europeia*, Bruxelas, 29 maio 2007. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:PT:PDF>>. Acesso em: 24 jul. 2015.

legislação deve garantir a saúde, a segurança e a proteção ambiental, por outro, também deve permitir a promoção da inovação e da competitividade”⁶⁴⁹.

Nesse sentido, a gestão de riscos (prevenção e precaução) e a gestão de informação, a partir de uma visão transdisciplinar deve “assegurar um *quadro de garantias* que assegure um equilíbrio de forças e interesses entre a produção tecnológica e os anseios e necessidades socioambientais e econômicas envolvidos no processo de autorregulação”⁶⁵⁰. Neumann menciona que o “direito está em permanente negociação com as esferas sociais da economia, da política e da cultura; também entre os diversos participantes do sistema jurídico”⁶⁵¹, proporcionando assim, uma intervenção mínima na fase de desenvolvimento de (nano)tecnologias, quando se reconhece a necessidade de maior autonomia, contudo, a flexibilização e indução para uma autorregulação não significa abrir mão de medidas que ladeiem esse processo para evitar que se crie um processo de dominação unilateral ou exclusivo pelos atores com interesses econômicos específicos⁶⁵². A partir dessa compreensão, alguns instrumentos, ferramentas e mecanismos serão necessários para fomentar uma constante revisão e modificação do que até hoje se tem como método de avaliação de riscos, compreendido todo o ciclo de vida do desenvolvimento tecnológico⁶⁵³, em particular dos produtos do ramo das nanotecnologias aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação.

O fomento do debate acerca dos instrumentos jurídicos que podem contribuir para uma possível identificação mais clara sobre os riscos no contexto de incompletude e/ou incerteza das nanotecnologias, apontando-se caminhos para ciência desenvolver capacidades por meio da comunicação com o Direito (produção documental do monitoramento do ciclo de vida dos produtos pelo sistema da logística reversa), implica a construção de programas voltados para “[...] uma estratégia programáticas, mas em primeira ou última instância, o que há de ser feito é inventado ou inaugurado, e portanto, advém sem programa”⁶⁵⁴. Em outras palavras, precisa-se de um ponto de partida, de formas e de práticas compatíveis com um modelo de gestão que

⁶⁴⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 31-32. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁵⁰ MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 109.

⁶⁵¹ NEUMANN, Franz. *O império do direito: teoria política e sistema jurídico na sociedade moderna*. São Paulo: Quartier Latin, 2013. p. 25.

⁶⁵² MOLINARO, op. cit., p. 113.

⁶⁵³ Ibid., p. 113.

⁶⁵⁴ DERRIDA, Jacques; ROUDINESCO, Elisabeth. *De que amanhã: diálogo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2004. p. 118.

contemple também a análise da dimensão da incerteza, considerado o atual estado da ciência e da arte.

[...] necessitam de uma maior sensibilidade jurídica aos prognósticos científicos dos riscos e das dimensões da incerteza. Com a aquisição de uma maior capacidade descritiva pela ciência, faz-se necessária uma adequada percepção jurídica das respectivas dimensões da incerteza, com a finalidade de utilizar proporcional e racionalmente os diferentes modelos de gestão dos riscos⁶⁵⁵.

Na medida em que as nanotecnologias apresentam diversos ganhos (benefícios) e riscos⁶⁵⁶, há que se ter em mente o tamanho do desafio que se impõe ao Direito, sem contudo, esquecer que como “área científica emergente, os nanomateriais têm várias características inerentes (incerteza, falta de conhecimento e efeitos adversos potencialmente irreversíveis à saúde em longo prazo)”⁶⁵⁷. Considerando-se que as nanotecnologias são consideradas a nova mola propulsora do desenvolvimento econômico e tecnológico, pode-se dizer que pelo “viés da Economia, a gestão dos riscos ambientais deve ser orientada pelos custos e benefícios decorrentes da redução da poluição. Infelizmente, as informações para uma avaliação completa desses benefícios e custos são insuficientes”⁶⁵⁸, ainda mais em relação as nanotecnologias.

Contudo, a literatura sugere que para uma melhor compreensão dos riscos, deve-se ter em conta que para lidar com a gestão de riscos envolve a tarefa de *identificar o grau de risco e reagir a ele*⁶⁵⁹. Posto isto, para lidar com o risco aponta-se uma ideia dos benefícios nanotecnológicos. A título exemplificativo, em 2014 a Nanocomp Technologies⁶⁶⁰, empresa do ramo das

⁶⁵⁵ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 25-26.

⁶⁵⁶ Nesse ponto, em face da amplitude das nanotecnologias, aborda-se na medida do possível quais são os ganhos e riscos apresentados hoje pelo estado da arte acerca da exploração e desenvolvimento dos nanoeletrônicos, buscando manter-se ligados a delimitação do tema de forma mais didática possível para uma análise da gestão de riscos, já que foram alçados como mapa tecnológico do mundo, portanto, ponto estratégico de alto impacto econômico e socioambientais para o país.

⁶⁵⁷ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁵⁸ THOMAS, Janet M.; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antônio Claudio Lot, Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 143.

⁶⁵⁹ *Ibid.*, p. 144.

⁶⁶⁰ A Nanocomp é uma empresa desenvolvedora de materiais e produtos de performance composto por seus nanotubos de carbono únicas (CNT). Essa empresa detém 16 patentes pendentes e ganhou o prestigioso Prêmio Inovação Tecnológica do Wall Street Journal, em 2008. Além disso, ao longo dos próximos dois anos, estará adicionando mais de 60 novos postos de trabalho, a maioria dos quais será na fabricação de "produtos baseados em CNT de Nanocomp estão atualmente destacados no âmbito dos programas de design avançado de várias aplicações do DoD e da NASA importantes, incluindo: corpo leve e armaduras veículo; melhorou componentes estruturais para satélites e aeronaves; e cabo leve e fiação. Condutores CTETM CNT da Companhia e fitas EMshieldTM substituir o cobre em cabos, reduzindo o peso da fiação aeroespacial em até 70%, resultando em economia de combustível e outras consideráveis economias de custos operacionais

nanotecnologias aplicadas a aparelhos eletrônicos de diversos setores, recebeu do Governo dos Estados Unidos a quantia de US 18,5 milhões em novos financiamentos para discutir como a nanotecnologia está sendo usada para melhorar o desempenho de produtos e para alavancar a produção de nanotubos de carbono (CNTs), bem como sua capacidade única de produzi-los fisicamente mais forte e leve, desenvolvendo produtos com benefícios de desempenho revolucionários, criando uma nova geração de materiais com reserva de energia avançados e dispositivos eletrotérmicos (fios condutores) para benefícios militares e de usuários comerciais⁶⁶¹.

Com os avanços constantes em componentes eletrônicos e materiais condutores avançados serão necessários fornecer melhorias análogas em blindagem eletromagnética de interface (EMI), redução de peso, força e durabilidade⁶⁶². Outros benefícios são apontados pelas novas técnicas de fabricação, podendo produzir novas propriedades que tornam os materiais mais atraentes, tais como: a) condutividade equivalente ou melhor do que o cobre, especialmente no domínio de alta frequência; b) material acabado como pano ou fio; c) material com a força do aço, e d) material mais leve que o alumínio⁶⁶³.

Alguns outros exemplos de benefícios de aplicações associadas a nanoeletrônicos à base de materiais nanoestruturados são: dispositivos de memória, processadores, sensores baseados em nanotubos de carbono, moduladores, fotodetectores, displays OLEDs, células solares, dispositivos de micro-ondas, tecnologia *roll to roll*, dispositivos para aplicações em condições extremas (potência, voltagem, temperatura etc.). Abrange também desenvolvimento de arquiteturas compatíveis e ferramentas computacionais, entre outros. Todos impactam em diversos setores, para citar alguns: Aeroespacial; automotivo; defesa; fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações; instrumentação e automação; energia; petróleo, gás natural e petroquímica, etc⁶⁶⁴.

Para não deixar em aberto, o Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes (PEN) também anuncia alguns benefícios ambientais no relatório sobre remediação de áreas

imediatas. Fabricantes de aeronaves comerciais também serão beneficiados com leves fios baseados em CNT da Nanocomp, com eles serão capazes de salvar milhões de galões de combustível ao mesmo tempo, reduzir as emissões de dióxido de carbono por centenas de milhões de libras por ano, por aeronave. HOUSTON, Jenn. *United States department of defense provides \$18.5 Million in new funding to expand nanocomp technologies; nanomanufacturing production capacity*. Merrimack: Technologies & Strategies that Enable R&D, 14 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.nanocomptech.com/title3-2014>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁶¹ Ibid.

⁶⁶² MARTIN, Christie. A carbon nano-wired world. *Technologies & Strategies That Enable R&D*, [S.l.], 06 Jul. 2010. Disponível em: <<http://www.rdmag.com/articles/2010/06/carbon-nano-wired-world>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁶³ Ibid.

⁶⁶⁴ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 54 e 77. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

contaminadas. Em 08 de julho de 2009, o Centro Internacional Woodrow Wilson para Acadêmicos do PEN anunciou a disponibilidade de um artigo intitulado Nanotecnologia na remediação *in situ*: A avaliação dos benefícios e riscos potenciais, que discute o uso de nanomateriais no processo de limpeza ambiental. De acordo com o artigo, os nanomateriais têm o potencial para reduzir os custos e tempo de limpeza de locais contaminados, assim como eliminar a necessidade para o tratamento e a remoção de solo contaminado no processo de limpeza. O artigo adverte que uma avaliação completa dos possíveis técnicas de limpeza devem ser tomadas para mitigar todos os potenciais efeitos ambientais adversos⁶⁶⁵.

De outro lado, apresenta-se os riscos, posto que a “ausência de estudos sobre a interação da aplicação das nanotecnologias com o meio ambiente (ar, água e solo), expõe a possibilidade de ocorrência de riscos ambientais e também riscos em relação aos seres humanos”⁶⁶⁶. Como já estudado quando da abordagem da nanotoxicologia, existe diversas dúvidas sobre o tema⁶⁶⁷, que “reside no fato de que ao se utilizar de nano implementos, não se tem certeza dos fatores nocivos provenientes dos produtos e subprodutos nanotecnológicos”⁶⁶⁸ face a ausência de critérios e metodologia específica, confiável para estabelecer uma avaliação de risco, quando mais, tratando-se da evolução da nanoeletrônica que passa a ser ancorada no desenvolvimento basicamente de materiais “fabricados com nanotubos de carbono e nanofios e heteroestruturas de nanofios”⁶⁶⁹.

Em maio de 2013, o estudo publicado na revista *Environmental Health Perspectives* descreve que pesquisadores encontram nanomateriais que quando inalados são prejudiciais

⁶⁶⁵ BERGESON, Lynn L. *PEN announces report on contaminated site remediation*. [S.l.], 21 Jul. 2009. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2009/07/pen-announces-report-on-contaminated-site-remediation/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁶⁶ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁶⁷ Entre as diversas dúvidas existentes, salienta-se: Qual a toxicidade destes materiais, que pode ser muito diferente da toxicidade dos mesmos materiais em escala maior? Quais são os métodos apropriados para testes de toxicidade? Quais os impactos para a saúde daqueles que eventualmente manipularão uma nano partícula? E para aqueles que receberão medicamentos que são elaborados com nanopartículas? Qual a extensão da translocação destas partículas no organismo? Qual o efeito dos produtos e seus dejetos em contato com o meio ambiente? Como fazer, de modo seguro, o manuseio, transporte, armazenamento e descarte dos nanomateriais? *Ibid*.

⁶⁶⁸ JASCKOVSKI, Cleimara; SULZBACH, Sabine; PEREIRA, Reginaldo. A importância da democracia no âmbito decisório da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil*: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia. p. 121. São Leopoldo: Karywa, 2014. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁶⁹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 55. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

aos pulmões. A inalação de nanopartículas, utilizados em produtos de consumo que variam de electrónicos para cosméticos, pode causar danos nos pulmões, de acordo com o estudo recente. Como parte do Instituto Nacional de Ciências de Saúde Ambiental NanoGo Consortium, pesquisadores de diversas universidades usaram camundongos e ratos de laboratório para examinar os efeitos à saúde ao inalar dois tipos de nanomateriais. As partículas ultrafinas foram feitas a partir de dióxido de titânio e nanotubos de carbono de paredes múltiplas, e exposição a ambos produziram sinais de lesão pulmonar. Sendo assim, as pessoas também podem estar expostas a nanopartículas durante o processo de fabrico ou aplicação comercial, de acordo com um comunicado de imprensa da Davis School of Medicine UC⁶⁷⁰.

Em abril de 2013, noticiou-se que de acordo com dois novos relatórios australianos, estudos apontaram que a poeira de nanomateriais pode representar para a segurança e saúde do trabalhador riscos similares aos do pó de material em escala macro. Lançados em 18 de março pela Safe Work Australia, uma agência governamental independente que desenvolve políticas para melhorar a segurança e saúde no local de trabalho, os relatórios se concentraram em como os nanomateriais causam riscos à saúde, causados pelo processamento da máquina e os perigos de explosões de poeiras combustíveis. O primeiro relatório, a partir da Commonwealth Investigação Científica e Organização Industrial, determinou que nano-objetos são liberados a partir de nano-compósitos atado durante processos de máquinas, tais como serragem em quantidades semelhantes de emissões liberadas durante a usinagem de compósitos sem nanomateriais. Isto levou os pesquisadores a acreditar que os riscos potenciais para a saúde irão ser semelhante a materiais em escala macro. No segundo estudo, realizado pela Toxikos Pty Ltd., descobriram que as nuvens de poeira atado com nanomateriais poderia levar a explosões se a nuvem contiver uma concentração de nanomateriais alto o suficiente for inflamado. Por causa do risco baixo, mas ainda presente desses perigos encontrados nos relatórios, estão sendo desenvolvidos materiais de orientação sobre como trabalhar com riscos de pó combustível que incluem nanomateriais⁶⁷¹.

Outros riscos são apontados pelos resultados encontrados em projetos de pesquisas científicas já publicados, onde se revela que “cobaias submetidas a partículas ‘nano’ apresentaram modificações morfofisiológicas drásticas, alguns relutando em morte. Devido ao

⁶⁷⁰ RESEARCHERS find inhaling nanomaterials may harm lungs. *Safety+Health*. [S.l.], 15 maio 2013. Disponível em: <<http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/researchers-find-inhaling-nanomaterials-may-harm-lungs>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷¹ AUSTRALIA studies reveal potential health, safety risks of nanotech. *Safety+Health*. [S.l.], 03 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/australia-studies-reveal-potential-health-safety-risks-of-nanotech>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

tamanho reduzido fica difícil determinar o grau de dispersão nano estruturais no meio ambiente”⁶⁷². O resultado de pesquisa sobre o comportamento do fulereno (C₆₀) que forma agregados coloidais na água, e a sua fullerol derivado solúvel em água (C₆₀ (OH)₁₈₋₂₂), reforça que os nanomateriais de carbono podem representar um potencial risco, prejudicial para ambientes aquáticos. Os resultados globais mostram que os fulerenos podem ser tóxicos, com ou sem incidência de luz, enquanto que a radiação UV parece desempenhar um papel chave na toxicidade ambiental de nanomateriais de carbono através da formação de oxigênio (O₂), contudo, bastante complexos e, neste momento, ainda pouco compreendidos⁶⁷³.

Outras descobertas semelhantes foram feitas por uma investigação em nanopartículas metálicas de níquel (Ni), utilizada em aplicações eletrônicas, em três tamanhos diferentes (30, 60 e 100 nm). Os resultados nesse caso demonstram que a forma de nanopartículas de níquel tem diferenças dramáticas na toxicidade após exposição de peixe-zebra, sugerindo a formação de defeitos epiteliais na formação intestinal, em especial quando da exposição a nanopartículas de 60nm, pois ficam presas entre os espaços retidas por períodos mais longos. Aponta-se também, a retenção nos rins de ratos, observado devido ao tamanho e forma das nanopartículas após injeção intravenosa, nesse caso, as nanopartículas menores são excretadas, contudo as maiores não. Também relata que os nanotubos de carbono de diferentes formas de agregados podem ficar presa no capilar glomerular. A exposição a longo prazo de nanopartículas de níquel pode sublinhar células epiteliais causando um desenvolvimento epitelial retardado e a falta de diferenciação epitelial pode permitir partículas de passar por barreiras intestinais, entrando em outros tecidos para causar defeitos adicionais. Esta passagem das membranas celulares foi observada em embriões de peixe-zebra exposto a nanopartículas de prata de 30 e 33nm e pode ocorrer mais frequentemente quando o intestino fica comprometido⁶⁷⁴.

Esses relatos demonstram incipientemente que os estudos buscam uma direção para compreender as implicações e para orientar a identificação das vias de toxicidade de modo a

⁶⁷² JASCKOVSKI, Cleimara; SULZBACH, Sabine; PEREIRA, Reginaldo. A importância da democracia no âmbito decisório da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 121-122. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷³ 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*, [S.l.], v. 114-115, p. 86, 2012. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/aquatox>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷⁴ ISPAS, Cristina et al. Toxicity and developmental defects of different sizes and shape nickel nanoparticles in zebrafish. *Environmental Science & Technology*, [S.l.], v. 43, n. 16, p. 6349-6356, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2744893/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

conduzir a determinação de limites, direcionando os parâmetros da futura regulação dos nanomateriais que apresentem potencial risco de provocar efeitos perigosos, de tal forma que se garanta o desenvolvimento (nano)sustentável.

[...] A avaliação dos riscos ambientais de NMs pode ser realizada recorrendo à abordagem faseada existente e quadro regulamentar, mas com modificações para metodologia, incluindo caracterização química dos materiais que estão sendo usados. Há muitos desafios pela frente, e controvérsias (por exemplo, substâncias de referência para ecotoxicologia), mas a transferência de conhecimentos de toxicologia dos mamíferos, química coloidal, bem como materiais e ciências geológicas, permitirá estudos ecotoxicológicos para avançar neste novo campo multidisciplinar⁶⁷⁵.

Dessa forma, verifica-se a necessidade de uma inserção da dimensão futura com vista à formação de conhecimento gerado a partir dos nano estudos e por sua vez a gestão de riscos oriundos da produção de resíduos sólidos das nanotecnologias tende a ser crescente, pois existe a “probabilidades de que as nanopartículas apresentem grau de toxicidade maior do que as partículas em tamanhos normais, podendo assim ocasionar riscos à saúde e segurança de pesquisadores, trabalhadores e consumidores⁶⁷⁶. Além disso, deve-se observar as condições atuais de avaliação de risco, pois a identificação das propriedades de nanomateriais que possam arriscar as futuras gerações é fundamental, inclusive para determinar o desenho de novos nanomateriais artificiais e ou produtos relacionados com as nanos⁶⁷⁷. Isso impõe que se desenhe os limites do conhecimento atual, tanto do controle de gerenciamento das probabilidades como a contenção das mesmas⁶⁷⁸.

[...] os instrumentos utilizados pelo Direito para tanto, apenas exercerão uma resposta minimamente satisfatória se houver um verdadeiro sistema de gestão dos riscos e das incertezas que envolvam os desastres, estruturado a partir da integração do Direito com outros sistemas sociais e que aquele apresente procedimentos e processos decisoriais suficientemente compatíveis com a análise e a gestão de sistemas complexos (em colapso).

⁶⁷⁵ HANDY, Richard D. et al. The ecotoxicology of nanoparticles and nanomaterials: current status, knowledge gaps, challenges, and future needs. *Ecotoxicology*. [S.l.], v. 17, n. 5, p. 315-25, Jul. 2008. Disponível em: <<http://static-content.springer.com/lookinside/art%3A10.1007%2Fs10646-008-0206-0/000.png>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷⁶ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do Direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos - SP. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1. p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷⁷ LIN, Sijie et al. Zebrafish: an in vivo model for nano EHS studies. *Small*, Weinheim, v. 9, p. 1608-1618, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4070293/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁷⁸ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica*: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 80.

Finalmente, os instrumentos utilizados pelo Direito para prevenção de desastres devem ser constituídos multidisciplinarmente, compostos por informações e dados fornecidos por diversas áreas do conhecimento⁶⁷⁹.

Portanto, estão postas algumas dificuldades para a gestão, tais com a definição das dimensões da incerteza que envolvem a análise das nanotecnologias, bem como sobre a falta de identificação e padrões guias. Enquanto isso não se resolve, os diversos atores envolvidos nesse processo ignoram a adoção de medidas protetivas e permitem o ingresso de diversos produtos de consumo com nanomateriais incorporados no mercado. Ou seja, não há uma avaliação detalhada e prioritária sobre a segurança de tal modo que a agenda das ciências humanas e sociais faça parte desse desenvolvimento, assegurando-se novas possibilidades institucionais para uma participação e construção que contemple a definição de estratégias de pesquisa e trajetória de uso dos conhecimentos gerados em relação aos riscos, já que induzem as mudanças jurídicas para superar as incertezas⁶⁸⁰ e as dificuldades atreladas ao seu gerenciamento (probabilidade) e dimensionamento.

A gestão da nanotecnologia brasileira apresenta fragilidades em função da expansão que a área sofreu na última década e do aumento de atores multi-setoriais envolvidos. A estrutura de gestão atual tem comprometido a definição de novas políticas e iniciativas para a área, dificultando a otimização de esforços e recursos⁶⁸¹.

Isso sugere a necessidade da uma “*desmonopolização* das informações científicas e técnicas”⁶⁸² à luz do princípio da informação (direito/dever de saber) face a potencialidade de riscos quantificáveis ou mesmo hipotéticos, contudo ponderáveis cientificamente, o que de fato impõe uma melhoria no fluxo de informações sobre os possíveis cenários de riscos e perigos acerca das nanotecnologias⁶⁸³, pois a sua gestão acaba exigindo uma “demonstração

⁶⁷⁹ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 81-82.

⁶⁸⁰ SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz dos; SANTOS, Wander Luiz Pereira dos. Nanotecnologia e riscos ambientais: uma reflexão sobre a “ingerência” das ciências humanas e sociais na construção de um debate crítico. In: ENCONTRO NACIONAL DA Anppas, 4., Brasília, 2008. *GT11 modernidade, riscos e meio ambiente*. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT11-565-278-20080510182814.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁸¹ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁸² CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 83.

⁶⁸³ *Ibid.*, p. 83.

transparente dos *impactos significativos possíveis*, a partir de uma consideração cuidadosa das informações científicas disponíveis no estado da arte”⁶⁸⁴.

No tocante as nanotecnologias os riscos são considerados abstratos, ou seja, os quais a ciência não consegue precisar a probabilidade ou improbabilidade de sua ocorrência, o que “consiste num problema exponencial na gestão dos riscos que, apesar de toda a incerteza que os marca, apresenta condições de magnitudes catastrófica”⁶⁸⁵, já que o fato de se tratar de uma probabilidade muito baixa não indica ser impossível, ou seja, o “risco de uma decisão pressupõe a consciência desses danos possíveis”⁶⁸⁶. Em outras palavras, “chama atenção para algo essencial, que é a distinção entre um dano hipotético em consequência da própria ação consciente e um dano hipotético em consequência da ação dos outros, da natureza ou de outras causas fora do próprio controle”⁶⁸⁷. Portanto, o Direito como Sistema Social “têm a função de reduzir a complexidade e controlar a contingência, possibilitando assim um agir direcionado e com sentido por parte do ator social”⁶⁸⁸.

Entretanto, para o gerenciamento do risco, seja ele administrativo ou judicial, existe dois modelos: o norte americano, que exige a quantificação de probabilidades (afeto a casos de certeza – danos concretos) e o europeu, que favorece a utilização do princípio da precaução como forma de lidar com a incerteza científica e danos não quantificáveis.

[...] a análise de riscos abstratos consiste em ponto dotado de fundamental importância, devendo o Direito estar apto a decidir racionalmente (racionalidade limitada) nestes contextos de *incerteza*. Ao mesmo tempo, o Direito depende de fontes de racionalização, critérios e convencimento, sem os quais o subjetivismo e a arbitrariedade deslegitimam o processo decisório jurídico, por meio de *corrupções estruturais* (influências diretas provenientes da economia, política, moral), sem a devida decodificação racionalmente fundada nas estruturas jurídicas, tais como Estado de Direito, Juridicidade, devido processo legal⁶⁸⁹.

A dificuldade de gerenciamento dos riscos das nanotecnologias amplia a caracterização sobre a participação do sujeito como portador ou afetado em relação aos riscos⁶⁹⁰ para uma zona ampliada de caracterização do risco, nela compreendido também o

⁶⁸⁴ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 83.

⁶⁸⁵ *Ibid.*, p. 84.

⁶⁸⁶ BRÜSEKE, Franz Josef. Risco e contingência. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 71, fev. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?ript=sci_arttext&pid=S0102-69092007000100006&lng=en&nrm=iso>. Access em: 24 jun. 2015.

⁶⁸⁷ *Ibid.*, p. 71.

⁶⁸⁸ *Ibid.*, p. 72.

⁶⁸⁹ CARVALHO, op. cit., p. 85.

⁶⁹⁰ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 45.

perigo, que pretende “alertar para a emergência de futuros eventos danosos para o homem, sejam eles frutos de uma ação individual, sejam resultado não-intencionado de uma ação coletiva, sejam ainda simplesmente fenômenos naturais com efeitos negativos para a sociedade”⁶⁹¹. Isso reacende o debate sobre a “baixa simetria entre Direito e Ciência (déficits de comunicação entre o jurídico e os instrumentos científicos disponíveis para avaliação de riscos)”⁶⁹².

O Direito como ciência, precisa abrir espaços para discussões em torno de novas formas de sociabilidade, por meio da criação de instrumentos jurídicos que busquem medidas de gerenciamento preventivo do risco, baseado nos princípios da prevenção, da precaução, da responsabilização e da informação⁶⁹³.

Outro ponto nevrálgico que merece destaque, na medida que está conectado com as dificuldades atuais de gerenciamento das nanotecnologias, remete a discussão sobre o “grau de indeterminação na configuração probatória dos riscos envolvidos”, já que “não se tem um inventário seguro para saber quantas e quais são as nanopartículas que as pesquisas já criaram”⁶⁹⁴, o que pode ser um problema em casos de juridicização de riscos oriundos dessa tecnologia.

Em apertada síntese, os julgados demonstram convicção de que os riscos devem ser demonstrados numa aderência entre a sua cientificidade (credibilidade científica) e os respectivos padrões de prova. Esta demonstração vai se dar por meio de um padrão de exigência probatória de *probabilidade razoável* (padrão probatório preventivo para riscos concretos) ou *razoabilidade satisfatória* (padrão probatório precaucional, para riscos abstratos)⁶⁹⁵.

Nessa perspectiva, a abordagem em relação as incertezas das nanotecnologias - para uma melhor compreensão das probabilidades de riscos - abrange graus que podem ser

⁶⁹¹ BRÜSEKE, Franz Josef. Risco e contingência. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 73, fev. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?ript=sci_arttext&pid=S0102-69092007000100006&lng=en&nrm=iso>. Access em: 24 jun. 2015.

⁶⁹² CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 86.

⁶⁹³ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁶⁹⁴ ENGELMANN, Wilson. O diálogo entre as fontes do direito e a gestão do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases à juridicização do risco. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica, anuário do programa de pós-graduação em direito da UNISINOS*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012. v. 9, p. 326.

⁶⁹⁵ CARVALHO, op. cit., p. 88.

identificados conforme a classificação das diversas dimensões as quais estão inseridas. Consta-se que as nanotecnologias transitam entre uma dimensão de graus de incerteza apontadas pela “ambiguidade”, onde as condições e os estudos demonstram resultados concretos de probabilidade de danos, contudo, ainda de forma precária ou incipiente; e a dimensão da “ignorância”, onde ainda existe um buraco negro, em que não há sustentação para cominar probabilidades como também a definição dos efeitos é complexa ou mesmo impossível de evidenciar-se⁶⁹⁶.

Contudo, vale lembrar que atualmente existe, ainda que incipientemente, dados crescentes e concretos acerca das probabilidade de riscos causados pelas nanotecnologias, o que se pode confirmar pelos estudos científicos relatados, os quais sinalizam os prognósticos de determinados riscos caracterizados pelo “evento-fonte”⁶⁹⁷, atuando como prova razoável e indiciária da probabilidade e da magnitude dos danos nanotecnológicos para saúde humana e ambiental, o que justificaria tanto medidas preventivas como precaucionais, em que pese estejam as nanotecnologias inseridas em grau de ambiguidade e/ou ignorância, tomando-se por base a classificação das dimensões de incertezas.

Por conta disso, o contexto exige que seja descortinado meios alternativos para a adoção do monitoramento do ciclo de vida dos nanoprodutos, superando-se os obstáculos para uma gestão de riscos nanotecnológicos que compreenda as seguintes etapas: “informação ao mercado; testes e análises por órgãos independentes; acompanhamento dos efeitos decorrentes do produto; continuidade das investigações ao longo do período da comercialização”⁶⁹⁸, dentre outras.

4.1 Panorama Regulatório das Nanotecnologias no Cenário Nacional

No âmbito executivo, a partir de 2012, em resposta ao fomento do desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, o governo brasileiro lança e oficializa o Sistema de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)⁶⁹⁹ com a importante missão de ampliar a

⁶⁹⁶ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 90-91.

⁶⁹⁷ *Ibid.*, p. 228-229.

⁶⁹⁸ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 360.

⁶⁹⁹ O SisNANO, visa desenvolver um programa de mobilização de empresas instaladas no Brasil e de apoio às suas atividades, para atuarem no desenvolvimento de processos, produtos e instrumentação, envolvendo ciência e tecnologia na nanoescala. Além disso, objetiva: (a) Estruturar a governabilidade para as nanotecnologias; (b) desenvolver um programa de mobilização de empresas instaladas no Brasil e de apoio às

difusão do conhecimento coletivo entre os órgãos e dar início a um plano de divulgação das ações voltada ao desenvolvimento sustentável da Nanociência e Nanotecnologia no país.

Em agosto do ano seguinte (2013), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) lança a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN)⁷⁰⁰, com investimentos federais da ordem de R\$ 440 milhões até 2014 e com o objetivo de promover o desenvolvimento científico, tecnológico e a inovação na área de nanotecnologia, estimulando a interação entre os setores público e privado neste sentido⁷⁰¹, tendo sido aprovado a adesão no mesmo ano pelo Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN)⁷⁰². A partir de 2014, por meio de discussões, fóruns, workshops, entre outros eventos de intercâmbio nacional e internacional de conhecimento, surge a proposta de entrada do país no projeto europeu NanoReg, que contribui significativamente para reduzir os riscos dos nanomateriais em produtos industriais

suas atividades, para atuarem no desenvolvimento de processos, produtos e instrumentação, envolvendo ciência e tecnologia na nanoescala; (c) promover no País o avanço científico e tecnológico e a inovação ligados às propriedades da matéria na nanoescala; (d) otimizar a infraestrutura, o desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada e as atividades ligadas à inovação na nanoescala, servindo como suporte ao avanço acelerado do País na área estratégica de nanotecnologias, dotando o País de infraestrutura no mínimo equivalente aos países mais adiantados na área e de formas de operação adequadas à participação de todos os atores relevantes nesse processo; (e) consolidar e ampliar a pesquisa em nanotecnologias, expandindo a capacitação científica e técnica necessária para explorar os benefícios resultantes dos desenvolvimentos associados e suas implicações tecnológicas em: nanofabricação, desenvolvimento e aplicação de nanopartículas, instrumentação em nanociência e nanotecnologia, processos em nanoeletrônica, nanotoxicologia, energias renováveis e limpas, nanobiotecnologia, nanocompósitos, nanofármacos, nanossensores, nanoatuadores e materiais nanoestruturados; (f) universalizar o acesso da comunidade científica, tecnológica e de inovação do País à infraestrutura avançada para produção e caracterização de nanoestruturas e produtos finais, utilizando propriedades da nanoescala e materiais baseados nessas propriedades; (g) capacitar o País a desenvolver programas de cooperação internacional em condições de igualdade com os parceiros atualmente mais desenvolvidos na área, sempre tendo em vista os grandes objetivos nacionais; (h) desenvolver programas de cooperação internacional junto aos países do Mercosul, objetivando à formação de recursos humanos, à promoção de reuniões conjuntas e à troca de experiências na área de nanotecnologias; e (i) promover a formação, capacitação e fixação de recursos humanos, a educação em nanotecnologias e sua divulgação. GOVERNO cria o SisNano - Sistema de Laboratórios em Nanotecnologias, [S.l.], 11 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=sisnano&id=010175120411#.VX9WDM9Viko>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰⁰ A Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) tem como objetivo promover o aumento da competitividade da indústria brasileira, ancorada na nanotecnologia. Um dos seus alicerces é o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) – uma rede de 26 laboratórios selecionados a partir de uma chamada pública do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para receberem investimentos prioritários em infraestrutura, de modo a fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de nanotecnologias. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS (ANPEI). *IBN*. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.anpei.org.br/ibn>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰¹ LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQES). *MCTI lança a iniciativa brasileira em nanotecnologia*. Campinas, 2013. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2013/lqes_news_novidades_1790.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰² Instituído no dia 10 de julho de 2012, o Comitê Interministerial de Nanotecnologia é formado por representantes de vários ministérios, com a finalidade de assessorar os Ministérios representados no Comitê na integração da gestão e na coordenação, bem como no aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no País (art. 1º, Portaria Interministerial nº 510/2012). LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQES). *Comitê Interministerial de Nanotecnologias - CIN*. Campinas, 2012. Disponível em: <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1645.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

e de consumo⁷⁰³. Também, nesse ano, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) institui o Comitê Interno de Nanotecnologia, com atribuição de elaborar normas ou guias específicos para a avaliação e controle de produtos que utilizam nanotecnologia, bem como a criar um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais, relacionados à saúde, bem como a elaboração de um plano de capacitação⁷⁰⁴. Isso tudo indica uma construção permanente voltada para a promoção e regulação dos aspectos ligados a saúde e segurança das nanotecnologias, mas ainda longe de alcançar o objetivo definitivo.

[...] a regulação já existe, mas não no formato conhecido por meio do texto de lei. A regulação expressa por meio de portarias, recomendações, orientações e standards, que são editados por órgãos e agências, sendo o diálogo entre as fontes um modelo para se construir respostas jurídicas rápidas e flexíveis, em consonância com os avanços nanotecnológicos⁷⁰⁵.

Em nível legislativo, permanece em tramite no Congresso Nacional o projeto de lei nº 6.741/13, que visa nortear o futuro das pesquisas e investimentos públicos ou privados e todas suas implicações, bem como regulamentar os meios de informação e consumo dessas novas tecnologias⁷⁰⁶. O referido projeto, 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. Apresentado em 11.11.2013 e de autoria do Deputado Sarney Filho - PV/MA, lastreia-se nos princípios de informação e transparência, participação social, precaução, prevenção e responsabilidade social⁷⁰⁷. Retirado de pauta em 07.04.2015 face a aprovação do

⁷⁰³ O NANoREG é uma iniciativa voltada à regulação no segmento, com mais de 60 instituições parceiras em 15 países, quatro deles de continentes fora da Europa - Austrália, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, com uma abordagem interdisciplinar envolvendo as três partes interessadas principais (regulamento, a indústria e a ciência), busca com uma abordagem interdisciplinar, baseada em perguntas e requisitos fornecidos pelos reguladores e legisladores: (i) fornecer respostas e soluções a partir de dados existentes, complementados com novos conhecimentos; (ii) Fornecer uma caixa de ferramentas dos instrumentos relevantes para a avaliação de riscos, caracterização, os ensaios de toxicidade e a exposição medições de nanomateriais; (iii) desenvolver, a longo prazo, novas estratégias de ensaio, adaptados às exigências de inovação; e (iv) Estabelecer uma estreita colaboração entre as autoridades, a indústria e a ciência que levem a uma gestão eficiente e prática de gerenciamento de riscos para nanomateriais e produtos que contenham nanomateriais. NANoREG – A common European approach to the regulatory testing of Manufactured Nanomaterials. Netherlands, 2015. Disponível em: <<http://nanoreg.eu/index.php/project/project-summary.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰⁴ O Comitê foi instituído pela Portaria nº 1.358/2014 e conta com a participação de 12 áreas técnicas e terá duração de um ano para desenvolver o seu trabalho. ANVISA cria comitê interno de nanotecnologia. *Portal Brasil*, Brasília, DF, 21 ago. 2014 Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/08/anvisa-cria-comite-interno-de-nanotecnologia>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰⁵ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 155, 2015.

⁷⁰⁶ *Ibid.*, p. 168.

⁷⁰⁷ O acompanhamento da PL 6741/2013 e outras proposições pode ser feito eletronicamente. SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei PL 6741/2013*. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

requerimento feito pelo Deputado Mauro Pereira e posteriormente apresentado em 17.04.2015 o requerimento nº 24/2015 pelo Deputado Sarney Filho solicitando a realização de audiência pública objetivando a instrução do Projeto de Lei⁷⁰⁸.

No dia 25.06.2015, durante audiência pública conjunta das comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática da Câmara dos Deputados, o tema retornou a pauta com o diálogo dividido entre diversas áreas do conhecimento para o debate acerca das propostas de regulamentação⁷⁰⁹. De um lado – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) -, preocupa-se com a paralisação de projetos de inovação e considera os projetos radicais e precipitados, prejudiciais ao desenvolvimento ou ao diferencial competitivo do país em relação aos demais. O Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) pondera pelo equilíbrio como forma de conciliar os projetos com os interesses do setor produtivo, área científica e consumidores. A Universidade Federal do Paraná (UFPR) sugere a substituição da autorização para pesquisa pelo estudo de toxicologia. Já Wilson Engelmann, representante da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) salienta a necessidade de valorização dos grupos de pesquisas que atuam no setor, destacando a transdisciplinariedade dos seus pesquisadores, também explicita que a abrangência dos projetos pode ser considerado como um sistema aberto e flexível para dar conta das contingências das nanotecnologias de modo que siga sendo (re)adaptado continuamente, conforme as necessidades sejam impostas.

⁷⁰⁸ A Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS) disponibiliza o inteiro teor com a justificativa detalhada do requerimento interno da Câmara dos Deputados. SARNEY FILHO, José. *Requerimento nº , de de abril de 2015*. Requer a realização de Audiência Pública, em conjunto com a Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática para discutir os efeitos da nanotecnologia sobre o meio ambiente, objetivando a instrução do Projeto de Lei nº 6.741 de 2013. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1322643&filename=Tramitacao-REQ+24/2015+CMADS>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁰⁹ Reunião de audiência pública em conjunto com a comissão de ciência e tecnologia, comunicação e informática para discutir a política nacional e a rotulagem da nanotecnologia, objetivando a instrução dos projetos de lei nº. 6.741/13 e 5.133/13, de autoria do deputado Sarney Filho. Com participação de diversos órgãos, dentre os quais: Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental; das Unidades de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Confederação Nacional da Indústria (CNI), Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz, com destaque para a participação de duas Universidades: a Universidade Federal do Paraná (UFPR) representada pela Prof. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz, e Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, representada pelo Prof. Dr. Wilson Engelmann. COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 55ª Legislatura - 1ª Sessão Legislativa Ordinária. Pauta de reunião ordinária em 25/6/2015 às 10h03. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.camara.leg.br/internet/ordemdodia/ordemDetalheReuniaoCom.asp?codReuniao=39617>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Ressaltou o fato da rotulagem ser um direito fundamental de informação, contudo, destaca que deve ser tratado com cuidado, pois nem tudo pode ser considerado nanotecnologias⁷¹⁰.

As pesquisas e aplicações das nanotecnologias estão num ritmo muitíssimo mais acelerado do que o conhecimento que se tem a respeito dela. Depara-se com a incerteza, o que nos remete a pensar em um espectro variado de situações não avaliadas seriamente, tais como a regulação específica sobre os limites da experimentações humanas e não-humanas, sobre os resíduos, gerenciamento e sua destinação final, além de um amplo debate presente na rotina da sociedade e dos grandes centros urbanos. A regulação deverá vir acompanhada da gestão dos riscos e do conhecimento do ciclo de vida dos nanomateriais, que são diferentes entre si⁷¹¹.

Em síntese, identifica-se que existe a necessidade contínua do debate para o fortalecimento, construção e harmonização de uma política pública voltada ao “controle e fiscalização, bases legais e normativas e meios adequados de conter os excessos”⁷¹². Dessa forma garantir que: a) eventuais substâncias nocivas não prejudiquem a saúde humana e ambiental; b) haja avaliação toxicológica concomitantemente com o projeto de pesquisa e previamente a autorização/liberação para o mercado, garantindo-se maior segurança para os consumidores de produtos que incorporam essa tecnologia (celulares, computadores, alimentos, cosméticos, medicamentos e vacinas), com informações adequadas e amplamente divulgadas; c) haja a rotulagem dos produtos nanotecnológicos (PL 5133/13)⁷¹³.

O encontro promoveu uma abertura para superar as divergências de opiniões e convergir em direção ao equilíbrio entre as propostas, na medida que tanto o relator do projeto, o deputado Bruno Covas (PSDB-SP) como o seu idealizador, o deputado Sarney Filho, registraram que o diálogo permanecerá ativo para o seu alinhamento e correções necessárias, concluindo-se que a intenção do projeto foi alcançada, já que o debate público das propostas de regulamentação, em grande medida, está sendo satisfatório para sociedade avaliar as informações sobre os benefícios, riscos e toxicologia relacionado as nanotecnologias⁷¹⁴.

Dentre outros assuntos, o referido Projeto de Lei traz importante contribuição ao debate acerca dos resíduos produzidos a partir da nanotecnologia. A lei baseia-se em 5

⁷¹⁰ SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ). Ciência quer equilíbrio entre conhecimento e legislação da nanotecnologia. *Boletim eletrônico*, São Paulo, 2 jul. 2015. Disponível em: <<http://boletim.s bq.org.br/noticias/2015/n1989.php>>. Acesso em: 02 jul. 2015.

⁷¹¹ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 158, 2015.

⁷¹² *Ibid.*, p. 163.

⁷¹³ SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ), *op. cit.*

⁷¹⁴ *Ibid.*

princípios apontados anteriormente (art. 2º, PL 6.741/13). Para sua implementação prevê a utilização de quatro instrumentos específicos a saber: (a) *cadastro nacional*⁷¹⁵ para o controle e o acompanhamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico, geração, comercialização e inserção no mercado de nanoproductos, contendo ainda relação detalhada de substâncias no estado de nanopartículas produzidas, distribuídas, importadas ou exportadas pelo Brasil; (b) *autorização do Poder Público* no que se refere à saúde humana, animal e ambiental para a pesquisa, produção e comercialização de nanoproductos ou derivados de processos nanotecnológicos; (c) *exigência de estudos de impacto ambiental*⁷¹⁶ para liberação de nanoproductos no meio ambiente, conforme o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que trata da Política Nacional de Meio Ambiente; e *fomento à realização de estudos e pesquisas* sobre os efeitos de nanoproductos sobre a saúde humana e animal, e sobre o meio ambiente⁷¹⁷.

A gestão da Política Nacional de Nanotecnologia será compartilhada entre todos os níveis da Federação e as autorizações para pesquisas, desenvolvimento tecnológicos e a comercialização dos produtos nanotecnológicos deve estar pautada pelo princípio da precaução. No tocante ao monitoramento, o poder público poderá adotar planos específicos para processos, produtos ou derivados das nanotecnologias, sendo previamente debatido por meio de audiência pública, pois deve garantir a ampla defesa e contraditório antes da aprovação definitiva. Pode ser implementado por entidades públicas ou particulares, sendo que os custos de execução são de responsabilidade do requerente, e por fim, a fiscalização da implementação será exercida pelo órgão responsável.

A disposição final de resíduos nanotecnológicos, deve ser feita como determinada na política nacional de resíduos sólidos. Adverte-se que a PL 6.741/13 não aborda de forma clara sobre “como deve ser comunicado” eventuais acidentes envolvendo nanoproductos, muito

⁷¹⁵ Para efetividade do cadastro nacional cabe às pessoas físicas e jurídicas que lidam com nanotecnologia informar ao Poder Público sobre suas práticas, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, contados do início das atividades, nos termos do parágrafo único do artigo 4º da PL 6.741/2013. SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei nº 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra.jsessionid=879487913CD900B799C5CEDB8E0F1B50.proposicoesWeb2?cod teor=1177566&filename=Tramitacao-PL+6741/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷¹⁶ O estudo de impacto ambiental nesse caso é tão somente para atividades potencialmente poluidoras (empreendimento), não faz qualquer referência aos impactos dos (nano)produtos para a saúde humana e meio ambiente.

⁷¹⁷ Art. 10. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental. 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/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

embora tenha previsto o prazo de comunicação. Também não faz referência de como deve ser tratado os crimes de poluição por produtos nanotecnológicos⁷¹⁸.

Dentre os principais pontos mais relevantes da PL 6741/2013, destaca-se: (a) não cria um sistema que defina atribuições ou qual o órgão que será responsável pela proteção ambiental e humana, como por exemplo o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)⁷¹⁹, ou seja, resta a lacuna de quem será o órgão, comitê técnico, diretrizes, etc. Necessário, portanto, o critério técnico⁷²⁰.

Sobre a logística reversa, o projeto de lei não faz qualquer menção, tampouco sobre a responsabilidade compartilhada (quem é responsável pelo quê?). Igualmente, resta pouco explorado os princípios consagrados pela política nacional de resíduos sólidos⁷²¹. Outro ponto que merece destaque diz respeito a questão da autorização tácita prevista no art. 6º, inciso I⁷²², na medida que colide com o art. 225 da Constituição da República desrespeitando os princípios da prevenção e precaução⁷²³. Além disso, a gestão compartilhada não está bem colocada na lei, ou seja, a responsabilidade comum de zelar pelo meio ambiente deve ser

⁷¹⁸ Informação coletada da conferência sobre Nanotecnologia e Regulação do Brasil, realizada no XIV Simpósio Internacional IHU: Revoluções tecnocientíficas, cultura, indivíduos e sociedades, no dia 21.10.2014 na Unisinos.

⁷¹⁹ O Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, foi instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷²⁰ Informação coletada da conferência sobre Nanotecnologia e Regulação do Brasil, realizada no XIV Simpósio Internacional IHU: Revoluções tecnocientíficas, cultura, indivíduos e sociedades, no dia 21.10.2014 na Unisinos.

⁷²¹ Os princípios da política nacional de resíduos sólidos estão previstos no art. 6º da Lei n. 12.305/2010 (PNRS). 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷²² Art. 6º “A pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a comercialização de produtos resultantes da nanotecnologia deverão ser pautados pela observância do princípio constitucional da precaução e deverão dar especial atenção aos seguintes preceitos: I – a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em nanotecnologia deverão ser comunicados ao órgão responsável pela política nacional de pesquisa científica, que deverá autorizar ou não as atividades no prazo de 90 (noventa) dias do comunicado, sob pena de aceitação tácita mediante postura silente em função de decurso de prazo [...]”. SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei nº 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra.jsessionid=879487913CD900B799C5CEDB8E0F1B50.proposicoesWeb2?codteor=1177566&filename=Tramitacao-PL+6741/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷²³ Sobre a inconstitucionalidade tácita, entende-se ser inconstitucional pois contraria os princípios ambientais, fere direitos fundamentais: prevenção e precaução. O art. 6º da PL 6741/2013 é uma cláusula de abertura. Agir com falta de precaução e prevenção com base em prazos seria uma liberação tácita do dano, segundo esse entendimento, o dano que pode causar pode ser muito maior. In: Informação coletada da conferência sobre Nanotecnologia e Regulação do Brasil, realizada no XIV Simpósio Internacional IHU: Revoluções tecnocientíficas, cultura, indivíduos e sociedades, no dia 21.10.2014 na Unisinos.

levada em consideração face o complexo sistema de repartição das competências estabelecidas em matéria ambiental.

A Constituição de 1988 busca realizar o equilíbrio federativo por meio de uma repartição de competências que se fundamenta na técnica da *enumeração dos poderes da União* (arts. 21 e 22) com *poderes remanescentes para os Estados* (art. 25, § 1º) e *poderes definidos indicativamente para os Municípios* (arts. 29 e 30), mas combina, com essa reserva de campos específicos, áreas comuns em que se preveem atuações paralelas da União, Estados, Distrito Federal e Municípios (art. 23) e setores concorrentes entre União e Estados em que a competência para estabelecer políticas gerais, diretrizes gerais e normas gerais cabe à União, enquanto se defere aos Estados e até aos Municípios a competência suplementar (arts. 24 e 30)⁷²⁴.

Outros projetos foram propostos entre 2005 e 2013 dispondo sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no País. A PL 5.076/05, proposta pelo Deputado Edson Duarte, com o objetivo de criação da Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança (CTNano) e a instituição do Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano), além de outras providências (arquivada em janeiro de 2007)⁷²⁵; A PL 131/10 de autoria do Senador Tião Vianna, que propunha a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia (rejeitado e arquivado em agosto de 2013)⁷²⁶ e PL 5133/2013, também do Deputado Sarney Filho, que novamente tenta regulamentar a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia (em tramitação desde março de 2013)⁷²⁷. As propostas legislativas, ainda que incipientes, demonstra que a regulação das nanotecnologias vem se tornando uma temática de abordagem transdisciplinar e representa um salto evolutivo na forma de construção/adaptação do sistema jurídico contemporâneo.

⁷²⁴ SILVA, José Afonso da. *Direito ambiental constitucional*. São Paulo: Malheiros, 1994. p. 46.

⁷²⁵ Para maior aprofundamento e amplitude consultar o inteiro teor do Projeto de Lei nº 5.076/05. DUARTE, Edson. *Projeto de lei n.º 5.076-C, de 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=66796628BA9A9F732B3E136277CAB410.node2?codteor=337343&filename=Avulso+-PL+5076/2005>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷²⁶ Para maior detalhamento consultar o inteiro teor do Projeto de Lei do Senado nº 131/2010. VIANA, Tião. *Projeto de lei do Senado n.º 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: <http://www.senado.gov.br/atividade/materia/detalhes.asp?p_cod_mate=96840>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷²⁷ Para maior detalhamento consultar o inteiro teor do Projeto de Lei nº 5.133/2013. SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei n.º, de 2013*. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.

[...] o direito só é comando em termos secundários, e que as suas funções de orientação das condutas e de regulação dos conflitos não passam de funções derivadas relativamente a um papel muito mais essencial assumido pelo jurídico. Antes de regular o comportamento dos agentes ou de resolver os seus conflitos, é preciso com efeito definir o jogo em que se inscreve a sua ação. Antes de manejar a distinção do legal e do ilegal, daquilo que é permitido e proibido, é preciso criar o quadro geral de interação no seio do qual essas distinções ganham sentido. É preciso construir o edifício antes de regulamentar os seus acessos e o uso de suas divisões⁷²⁸.

Nesse aspecto, reforça o entendimento segundo o qual “o risco decorre sempre de uma tomada de decisão, consistindo em elemento interno ao sistema”⁷²⁹, o que significa dizer que o poder público e coletividade, por atribuição e competência normativa, devem estar inseridos no processo de tomada de decisões, procurando as medidas e posturas condizentes e exigindo o cumprimento das políticas e diretrizes preestabelecidas em diversos textos normativos voltados a consecução da preservação da saúde humana e do meio ambiente⁷³⁰.

A estruturação de um ambiente institucional sólido e consistente como desenvolvimento sustentável, através da aprovação de regulamentos e do estímulo à formação de instituições e organismos multidisciplinares que permitam e incentivem a prática sustentável também é chave para essa transição de forma harmoniosa. Instrumentos de comando e controle devem ser complementados por instrumentos de mercado, de modo a existir um ambiente favorável às inovações por parte das empresas⁷³¹.

O Direito exerce um papel renovador que se materializa conforme a evolução das relações sociais, quando posto face essa nova realidade deve atendê-la⁷³². Segundo a visão sistêmica “é um mecanismo que promove a redução da complexidade”⁷³³. Sendo assim, enquanto perdura a ausência de marcos regulatórios das nanotecnologias, a renovação da operação jurídica “deverá construir as bases para um conjunto normativo de acompanhamento, assessoramento e recompensas pela implementação das condutas mais

⁷²⁸ OST, François. *O tempo do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. p. 89-90.

⁷²⁹ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 76.

⁷³⁰ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010. p. 144.

⁷³¹ BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. Desenvolvimento Sustentável e a Questão dos Resíduos sólidos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011. p. 98-99.

⁷³² ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 364.

⁷³³ *Ibid.*, p. 364.

aceitáveis em relação à gestão do risco nanotecnológico”⁷³⁴, nela compreendida a logística reversa como aporte para efetivar a proteção do ser humano e do meio ambiente.

[...] não se trata de certa norma jurídica, mas de um elemento de estrutura, de concepção do jurídico, especialmente duas características que ainda são exigidas como preponderantes, quais sejam, a segurança e a previsibilidade. No lugar delas, se deverá colocar a capacidade do jurídico em responder adequadamente e dentro de um espaço temporal razoável às demandas e aos direitos/deveres projetados na sociedade, gerados pelos avanços das novas tecnologias, notadamente as nanotecnologias⁷³⁵.

O cenário atual é sensivelmente de desconfiança, por essa razão “as respostas que a sociedade busca no Direito em relação às nanotecnologias não passam pela simples criação legislativa”⁷³⁶, deve também aprofundar as investigações e a análise jurídica de forma transdisciplinar para que os “transformadores do Direito”⁷³⁷ possam conduzir o retrabalho da norma jurídica, possibilitando que ela se adapte aos novos conhecimentos e técnicas, “eis que a lei sempre olha para o passado, um tempo incompatível com as novas tecnologias”⁷³⁸, bem como estabeleça elos com o processo normativo e regulatório para fortalecer as estruturas e instituições protetoras dos direitos fundamentais dos indivíduos e da sociedade como um todo⁷³⁹, isso permite “tomar decisões duras num contexto de conhecimentos friáveis”⁷⁴⁰ onde a “lei será vista não como limite, mas como ponto de partida para a criação e desenvolvimento do Direito”⁷⁴¹.

[...] as nanotecnologias passam a exigir um efetivo diálogo entre as fontes do Direito, sem uma hierarquia, mas com canais de comunicação, onde as fontes (nacionais/internacionais, de origem estatal ou não, leis, tratados, costumes, princípios, resoluções, normas técnicas e instruções normativas de

⁷³⁴ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 364-365.

⁷³⁵ Ibid., p. 364.

⁷³⁶ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁷³⁷ Nesse sentido, promovendo “um diálogo entre fontes internas e fontes externas do Direito em um movimento paralelo triplo: entre as fontes internas, entre as fontes externas e entre fontes internas e externas – conformação de fontes jurídicas que se apresenta como sustentadora de um Direito capaz de corresponder aos desafios produzidos pela ação humana”. Ibid.

⁷³⁸ Ibid.

⁷³⁹ THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, jul. 2004. p. X. Disponível em: <<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁴⁰ OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 115.

⁷⁴¹ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 208.

agências reguladoras estatais, normas sobre a saúde e segurança do trabalhador da OIT, normas e princípios Ambientais) estarão lado a lado, buscando soluções para a adequada resolução do caso concreto, mas sempre sendo filtradas no arcabouço normativo-principlológico-axiológico contido na Constituição Federal e pelo controle de Convencionalidade⁷⁴².

Essa nova roupagem dada como alternativa para a construção dos meios de controle das transformações tecnológicas não significa dizer que o Direito perde o seu papel, mas que deve lidar com o desafio dos “danos futuros, a partir de decisões que deverão ser tomadas no presente”⁷⁴³, em outras palavras, “a lei continuará tendo um significado importante, contudo deverá ser entendida na análise principlológica das cláusulas gerais, na valorização dos direitos naturais-humanos-fundamentais e no “diálogo das fontes do Direito”⁷⁴⁴, conjugação que cria condições para o processo legislativo editar leis adequadas e fomentar o desenvolvimento no/do Direito, inovação e tecnologia, estabilizando-se as relações sociais (percepção dos riscos x benefícios), já que geralmente a (pré)disposição a participação ou aceitação de um processo cujo resultado é incerto só existe quando há uma proteção jurídica (pré)estabelecida⁷⁴⁵.

4.2 Práticas de Gestão: possibilidades na produção de respostas jurídicas

Dentro desse quadro, “a pesquisa jurídica deve ser dirigida para uma nova forma de sociedade, centrada no postulado que a complexidade é uma das categorias fundamentais para a sua observação”⁷⁴⁶. Nessa condição, torna-se premente “a necessidade de se equilibrar ‘saber’ e ‘poder’”⁷⁴⁷, em especial de compreender o que está em jogo, uma vez que os “os efeitos sociais da globalização irão aparecer sob diferentes formas de exclusão”⁷⁴⁸. Desta forma, exige-se uma nova postura do Estado, em especial da “alteração do foco do Direito”⁷⁴⁹,

⁷⁴² HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁷⁴³ Ibid.

⁷⁴⁴ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 207.

⁷⁴⁵ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 73.

⁷⁴⁶ ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoietico do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 42.

⁷⁴⁷ ENGELMANN, Wilson. *Resistir à desumanização, responsabilizar os atores envolvidos e antecipar os riscos vindouros: desenhando os limites e as possibilidades para as nanotecnologias*. [S.l.], 2013. p. 2. Disponível em: <http://actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/pn/PN12/P_Engelmann.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁷⁴⁸ BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 224.

⁷⁴⁹ ENGELMANN, op. cit., p. 3.

que deve passar a observar a sua própria estrutura em resposta e “reação às pressões do seu ambiente social”⁷⁵⁰.

A Revolução Nanotecnocientífica não poderá perder-se em nome de um pretenso poder que ela poderá trazer. É preciso utilizá-la para transformar as suas descobertas em possibilidades concretas de melhoria de vida para as pessoas, além da recuperação da destruição já infligida a natureza⁷⁵¹.

Das perturbações e ressonâncias ecoadas no Sistema do Direito, considerado o fato de que a “análise do processo de globalização deixe de ser exclusivamente e principalmente econômica e financeira e volte a sua ênfase nas consequências políticas, sociais e culturais desse processo”⁷⁵², faz com que se torne necessário a comunicação com outros Sistemas, possibilitando um acoplamento estrutural, permitindo uma interação e adaptação de estruturas aberta a novas possibilidades e respostas para as inquietudes sociais e ambientais, caracterizando assim a “existência de instituições específicas, que conectam o direito a uma *multitude* de subsistemas funcionais e organizações formais”⁷⁵³.

O fenômeno da globalização, propulsado pela mundialização da economia e fomentada pelo incentivo ao desenvolvimento e inovação, revela uma nova face da tecnologia, ou seja, as (nano)tecnologias como a fonte de enormes avanços e benefícios para o futuro da humanidade, fato que traz consigo uma difícil tarefa para o Direito, que terá de evoluir considerando a complexidade e dinâmica cada vez maior entre a interação da tecnologia com o meio social e ambiental.

[...] um ‘mundo novo’ para o ser humano, onde as características constitutivas dos materiais são desconhecidas. Por conta disso, o Direito, a partir do momento em que se abrir cognitivamente para se comunicar com as áreas do conhecimento em que estas matérias já estão sendo estudados, terá condições para formular marcos normativos ou adaptar adequadamente os já existentes aos variados desdobramentos que este tema ainda promoverá na sociedade⁷⁵⁴.

⁷⁵⁰ TEUBNER, Gunther. *Direito, sistema e policontextualidade*. Piracicaba: Editora Unimep, 2005. p. 82.

⁷⁵¹ ENGELMANN, Wilson. *Resistir à desumanização, responsabilizar os atores envolvidos e antecipar os riscos vindouros: desenhando os limites e as possibilidades para as nanotecnologias*. [S.l.], 2013. p. 2. Disponível em: <http://actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/pn/PN12/P_Engelmann.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁷⁵² BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 124.

⁷⁵³ TEUBNER, Gunther. *Direito, sistema e policontextualidade*. Piracicaba: Editora Unimep, 2005. p. 86.

⁷⁵⁴ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Os "compliance programs" como uma alternativa à gestão empresarial para lidar com o direito à informação do consumidor e os riscos trazidos pelas nanotecnologias. In: Aires José Rover; José Renato Gaziero Cella; Fernando Galinda Ayuda. (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: CONPEDI, 2014, v. 1, p. 421. Disponível em: <<http://publica.direito.com.br/publicacao/ufsc/livro.php?gt=122>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Nessa perspectiva, se “a seleção de riscos é uma questão de organização social, a gestão de riscos é um problema organizacional”⁷⁵⁵. Por essa razão um caminho nesse sentido vem sendo trilhado, o mercado mundial impôs o sentido de concorrência e as empresas na busca de melhorias nos seus processos acabaram buscando alternativas para os riscos produzidos, tornando seus negócios sustentáveis e mais rentáveis. Com isso, impôs-se “a necessidade de uma efetiva gestão do risco, em que tais questões deverão ser avaliadas e decididas”⁷⁵⁶ para “*antecipar e guiar*”⁷⁵⁷.

[...] Enquanto *antecipar* consiste no melhor julgamento tomado em consideração o *passado*, o ato de *guiar* se refere a uma série de escolhas positivas para o *futuro*. Nestes termos, a antecipação consiste num ato *empírico*, e o guiar, por seu turno, pende para a *normatividade*⁷⁵⁸.

Assim, foram compelidas a iniciar um ciclo de mudanças, com reestruturações estratégicas, organizacionais e tecnológicas, para construir uma imagem forte junto a clientes e fornecedores. Na sua estrutura procuram desenvolver melhorias tecnológicas e inovadoras que atendam a pauta mundial, segundo preceitos de sustentabilidade, com menor impacto possível para o meio social e ambiental. Para isso, incluem na sua estrutura diretrizes e ações voltadas ao controle de perdas e avaliação de segurança de processos e produtos⁷⁵⁹. Sendo assim, as atividades que exploram o desenvolvimento das nanotecnologias, estimuladas pelo Direito⁷⁶⁰, devem considerar e integrar de forma circular e sistemática os instrumentos de governança ambiental.

⁷⁵⁵ Face a necessidade de comunicação entre as diversas áreas do conhecimento como aporte para a evolução do sistema do Direito, entendemos que é possível nesse aspecto - com as devidas reservas -, um diálogo da teoria cultural de percepção de riscos de Mary Douglas e Aaron Wildavsky com a teoria dos sistemas de Niklas Luhmann, fornecendo assim mais uma perspectiva para abordar a relação entre os problemas ambientais e o risco, bem como sobre o controle dos efeitos introduzidos pelas (nano)tecnologias. DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 188.

⁷⁵⁶ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 356.

⁷⁵⁷ CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 79.

⁷⁵⁸ *Ibid.*, p. 79.

⁷⁵⁹ NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 158.

⁷⁶⁰ Nesse sentido, o “sistema jurídico serve, também para trazer à tona, questionar e mapear os pressupostos, pré-juízos e pré-compreensões estruturantes da *racionalidade social* existentes durante os processos de tomada de decisões nas organizações (públicas e privadas)”. CARVALHO, op. cit., p. 53-54.

O contexto exige uma efetiva preocupação com a gestão dos riscos que poderão ser gerados pelas nanotecnologias. A ausência de certeza científica quanto à ocorrência dos efeitos negativos impõe uma abordagem precaucional, a qual representa a espinha dorsal dessa forma de gerenciamento do novo e do desconhecido. A gestão do risco é parte integrante de um programa maior que se inicia pela saúde e segurança ocupacional. Sabe-se que as exposições potenciais a nanomateriais podem ser controladas em laboratórios de pesquisa por meio de um sistema flexível e um programa de gestão adaptativa de risco⁷⁶¹.

Nesta fase⁷⁶², “a seleção e a implementação de estratégias de controle dos riscos deverão ser baseadas não somente na estimativa do risco, mas também na sua viabilidade política, social, econômica e técnica”⁷⁶³. Na ausência de marcos regulatórios, a Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)⁷⁶⁴, dentre outras, trata no âmbito internacional de discussões envolvendo o risco das nanotecnologias e promove propostas para redução de perigos, tendo como objetivos principais: conhecimento e informações, governança capacitação e cooperação técnica⁷⁶⁵. Trata-se de “un acuerdo voluntario, destinado a proteger la salud humana y el medio ambiente, que busca regular las sustancias químicas en todo el ciclo de vida de los productos, incluyendo aspectos ambientales, de salud ocupacional y de salud pública”⁷⁶⁶.

A gestão de riscos e de informações dos processos produtivos surge como alternativa para a redução da incerteza. De um lado, “as exposições potenciais a nanomateriais podem ser

⁷⁶¹ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 358.

⁷⁶² Enquanto perdurar o vácuo regulatório se considera que na análise do risco *versus* benefício, os benefícios de determinada atividade são avaliados e confrontados com os riscos a fim de decidir se estes compensam os riscos impostos. Na análise custo-eficácia é similar, pois os custos de ações e medidas mitigadoras são confrontados com a sua eficácia em termos de redução de risco. Consultar: NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 166.

⁷⁶³ OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 166.

⁷⁶⁴ SAICM é um enquadramento político para promover a boa gestão dos produtos químicos. Adotada pela Conferência Internacional sobre Gestão de Substâncias Químicas (ICCM) em 6 de fevereiro de 2006, em Dubai, Emirados Árabes Unidos. Desenvolvido por uma Comissão Preparatória de participação múltipla e multi-setorial e apoia a realização do objetivo acordado na Cimeira Mundial de 2002 sobre o Desenvolvimento Sustentável de assegurar que, até o ano de 2020, os produtos químicos sejam produzidos e utilizados de forma a minimizar significativamente os impactos negativos sobre o ambiente e a saúde humana. ABORDAGEM ESTRATÉGICA PARA A GESTÃO INTERNACIONAL DE PRODUTOS QUÍMICOS (SAICM). *About SAICM*. Geneva, 2015. Disponível em: <http://www.saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=473>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁶⁵ Ibid.

⁷⁶⁶ FOLADORI, Guillermo; BEJARANO, Fernando; INVERNIZZI, Noela. Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y medio ambiente en América Latina y el Caribe. *Trab. educ. saúde* Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 146, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tes/v11n1/a09v11n1.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

controladas em laboratórios de pesquisa por meio de sistemas flexíveis e um programa de gestão adaptativa de risco”⁷⁶⁷, contudo, por outro lado, o risco continua sendo produzido quando aplicados em produtos manufaturados, comercializados, utilizados e descartados, portanto, em contato com outra realidade – não controlada (ecossistemas). Atualmente não existe informações adequadas para o consumidor desse tipo de tecnologia, não se sabe qual será a reatividade desse produto ao longo do seu ciclo de vida, tampouco quando em contato com ar, solo e água.

A contaminação se dá através do contato direto com os resíduos, pela inalação, até mesmo pela ingestão, nas embalagens que entram em contato com os alimentos, e que se ingerido podem danificar o DNA, penetrando nas células, tecidos e órgãos. As águas utilizadas na irrigação das lavouras contaminam o solo, entrando em uma cadeia alimentar e assim ameaçando o planeta e a saúde humana⁷⁶⁸.

A possibilidade de contato com o resíduo das (nano)tecnologias revela a importância da análise e monitoramento do ciclo de vida dos produtos manufaturados a partir dessa tecnologia. Não só isso, mas também como se dará o processo de informação – “direito à informação”, voltado a sociedade, nela compreendida o consumidor final, como também o “dever de informação”, voltado aos centros de pesquisa e organizações empresariais⁷⁶⁹.

Do ponto de vista cultural, uma sociedade desinformada não constrói uma adequada consciência sobre o manejo de resíduos potencialmente nocivos (Quadro 4), tampouco uma percepção sobre os riscos e permanece sendo uma potencial produtora de lixos e riscos tecnológicos, como ocorre ao descartar o produto ou sua embalagem de forma inadequada, em locais impróprios, contribuindo assim para a “contaminação ambiental e impactos sociais negativos de diversas naturezas”⁷⁷⁰.

⁷⁶⁷ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 358.

⁷⁶⁸ MOURA, Marília; PEREIRA, Reginaldo; VALANDRO, Daiani. Gestão de resíduos tecnológicos e nanomateriais: possíveis contribuições da Lei 13.576 da cidade de São Paulo para o preenchimento das lacunas normativas relativas à gestão de resíduos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 183. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁶⁹ ENGELMANN, op. cit., p. 359.

⁷⁷⁰ BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. Desenvolvimento sustentável e a questão dos resíduos sólidos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011. p. 103.

Quadro 4 - Problemas da geração de resíduos gerenciados de forma inadequada

Aspectos ambientais	Contaminação da água e do solo pelo chorume. Poluição do ar pelas emissões de gases. Desabamentos e enchentes provocados pela obstrução de rios e córregos.
Aspectos sociais	Disseminação de doenças. Atração de pessoas de baixa renda para os lixões.
Aspectos econômicos	Custos com implantação e operação de aterros. Custos com recuperação de áreas degradadas. Gastos com saúde no tratamento de doenças provocadas pela disposição inadequada.

Fonte: Bartholomeu⁷⁷¹.

Conforme revela Rubens Nodari, as “nanopartículas liberadas no meio ambiente, mesmo aquelas projetadas para retirar contaminantes, podem tornar-se um novo tipo de poluidor não-biodegradável e está talvez seja uma das questões mais importantes do ponto de vista específico ambiental”⁷⁷². Sendo assim, existe uma preocupação premente de debater questões voltadas aos produtos e componentes nanotecnológicos, pois após cumprido seu ciclo de vida são considerados lixos tecnológicos, com isso deverão receber o tratamento conforme a legislação aplicável de forma a não potencializar as incertezas sobre efeitos nanotoxicológicos. Vale lembrar que a disposição final dos produtos e embalagens “serão destinadas aos grandes espaços de depósito de lixo e incineração, onde teremos nova exposição dos trabalhadores e, concomitantemente, da população humana e do meio ambiente”⁷⁷³.

No que se refere a destinação final ambientalmente adequada de rejeitos (descarte) dos produtos manufaturados a responsabilidade é considerada solidária e no contexto da sustentabilidade os estudos, de forma geral, apontam que a “produção, transporte e energia devem ser repensados, continuamente, de modo a incorporar novas tecnologias e métodos, práticas de gerenciamento e hábitos de consumo”⁷⁷⁴, o que inclui a necessidade de uma

⁷⁷¹ BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. Desenvolvimento sustentável e a questão dos resíduos sólidos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011. p. 105.

⁷⁷² NODARI, Rubens. Nanotecnologia e meio ambiente. In: MARTINS, Paulo Roberto; DULLEY, Richard (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2008. p. 286.

⁷⁷³ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 359.

⁷⁷⁴ BARTHOLOMEU, op. cit., p. 98.

análise antecipatória das “alternativas tecnológicas que comprove que a tecnologia adotada é a melhor técnica disponível”⁷⁷⁵ para o tratamento e disposição final.

Dessa forma, a logística reversa, torna-se uma importante ferramenta de gestão de “dupla função”⁷⁷⁶, ou seja, que tem como objetivo abordar exatamente as boas práticas de gestão e governança corporativa na avaliação de riscos⁷⁷⁷, mas também visa alinhar seus processos, assegurar o cumprimento de normas e procedimentos e, principalmente, preservar sua imagem perante o mercado nacional e internacional, assegurando-lhe a transparência, credibilidade, confiabilidade e integridade no mercado.

A atividade empresarial busca implementar o programa de gestão e avaliação de riscos em suas rotinas voltado a análise das incertezas (nano)tecnológicas, adequando o seu ambiente de acordo com o risco do seu segmento, alinhando seus processos internos, auditorias internas, controle e mitigação e perda de reputação. Esse tipo de programa prevê alguns temas essenciais que toda organização terá de observar para a eficácia dos resultados pretendidos. Com isso, possibilita-se a realização de gerenciamento e monitoramento dos riscos - necessários para atender ao seu fim social -, agrega-se valor e credibilidade a organização e ao (nano)produto face ao atendimento dos princípios que norteiam as práticas sustentáveis (informação, prevenção e precaução), assim como gera respostas adequadas ao emprego de novas tecnologias no contexto da sociedade produtora de riscos (concretos e abstratos), disseminando valores no (nano)mercado com “a utilização de produtos e tecnologias novos (para cujo efeitos não existe conhecimento científico suficientemente seguro) sob controle e acompanhamento transdisciplinar documentado”⁷⁷⁸.

Na ausência de regulação para o mercado (nano)tecnológico, “integra uma tentativa de aproximar o Direito e suas respostas/comunicações com os demais Sistemas Sociais e buscar alternativas para o delineamento do jurídico por meio de arcabouço mais flexível e

⁷⁷⁵ BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; PINHEIRO, Maria Andrade; CAIXETA-FILHO, José Vicente. Resíduos sólidos e os aspectos ambientais e tecnológicos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011. p. 124.

⁷⁷⁶ ENGELMANN, Wilson; MARTINS, Patrícia Santos. *O princípio da precaução e a DIS ISO 9001:2015* revisão da norma ISO: estabelecendo conexões entre as nanotecnologias e o direito ambiental [No prelo].

⁷⁷⁷ “A avaliação de risco pode ser entendida como o conjunto de procedimentos e técnicas específicas que sintetizam informações científicas e julgamentos técnicos, com o objetivo de identificar, quantificar e avaliar os riscos à saúde humana, meio ambiente e outros bens”. NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 160.

⁷⁷⁸ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 79.

adaptável”⁷⁷⁹, além de “fomentar a observação do futuro na tomada de decisões jurídicas, por meio de um instrumento previamente institucionalizado (passado)”⁷⁸⁰.

A análise e gerenciamento dos riscos permite uma (re)avaliação, ampliação e compartilhamento do conhecimento⁷⁸¹, fornecendo subsídios para regulação das (nano)tecnologias, na medida em que torna possível “construir um modelo descritivo apropriado para identificar as condições relevantes e manter uma permanente informação atualizada a respeito delas”⁷⁸², uma base de dados confiável.

A gestão dos riscos abstratos encontra-se, ainda, diretamente ligada a uma metodologia transdisciplinar que fomente a interação entre os diversos diálogos policontexturais envolvidos (direito, ciência, política, economia). É a partir dessa metodologia transdisciplinar que o princípio da precaução deve ser capaz de avaliar a probabilidade de ocorrência dos riscos abstratos, sua provável magnitude e irreversibilidade [...]⁷⁸³.

Diante das novas facetas da sociedade e da complexidade das relações, novas formas de observar o Direito são produzidas, contextualizadas no plano da globalização, com isso contribuindo para o progresso do Direito e para a operacionalização do sistema jurídico compatível com a realidade da sociedade tecnológica e global. A partir dessas novas possibilidades, busca-se resultados que se espera ser efetivos na condução de freios e limites para os efeitos e riscos indesejados da produção científica-tecnológica, já que transita por um terreno de profunda incerteza, que não raras vezes é preterida em nome do desenvolvimento econômico, político e principalmente social da coletividade, no caso global, fundamento legitimador de vultosos investimentos em inovação, pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

É longo ainda, sem dúvida, o caminho que poderá conduzir a uma valorização simétrica e não desqualificante das várias formas de conhecimento, mas, como mostram muitos dos exemplos que os estudos sociais das ciências e das tecnologias nos oferecem, ela aponta para uma das

⁷⁷⁹ ENGELMANN, Wilson. *Estruturando os “compliance programs” a partir dos (possíveis) riscos trazidos pelas nanotecnologias* [No prelo].

⁷⁸⁰ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 68.

⁷⁸¹ Os critérios de avaliação desses conhecimentos passam, não pela confrontação com padrões universais, idealizados, do que é a “boa” ciência, mas por critérios situados, que procuram interrogar o “como” e o “para quê” da produção do conhecimento, isto é, a relação entre o trabalho de construção de conhecimento e as suas consequências ou efeitos. SANTOS, Boaventura de Souza (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências revisitado*. São Paulo: Cortez, 2006. p. 71.

⁷⁸² ROVER, Aires José. *Sistemas especialistas legais: pensando o sistema jurídico. Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 65-79, jan. 1994. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15850>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁸³ CARVALHO, op. cit., p. 79.

formas mais eficazes de adquirir competências científicas sem desperdiçar outras formas de conhecimentos e de experiências⁷⁸⁴.

A globalização associada a tecnologia conecta as mais diversas áreas do conhecimento⁷⁸⁵ em uma teia ou rede acessível e além-fronteiras, onde a transdisciplinariedade é marcante e necessária para harmonização das fontes, criando espaços e meios para superação do sistema operativo fechado do Direito. É nesse panorama globalizante que as normas jurídicas se tornam insuficientes para solucionar conflitos sociais e ambientais gerados pelas novas tecnologias, em especial sobre a exploração das nanotecnologias. “As ferramentas principais de auxílio à decisão atualmente muito empregadas nesta fase são a análise risco-benefício ou custo x eficácia e a análise comparativa de riscos”⁷⁸⁶. Daí a hermenêutica dizer que “é preciso haver uma noção mais alargada que inclua também regras, princípios, diretrizes políticas, com uma participação maior da sociedade”⁷⁸⁷. Dessa última surge a porta para a compreensão e possibilidades para uma nova interpretação da sociedade contemporânea, multifacetada e de riscos. É a partir da atuação conjunta das diversas áreas, meios e instrumentos, em nítido espírito de colaboração, tais como a logística reversa, que os sistemas se comunicarão e se abrirão para o desvelamento de respostas.

4.2.1 Logística Reversa: instrumento de gerenciamento e mitigação do (nano)risco a partir da responsabilidade compartilhada.

Muito embora alguns países, dentre eles Estados Unidos, Brasil e Europa, possuem algum tipo de regulação para avaliação de riscos, parâmetros de toxicidade e padrões estabelecidos tendo como base a classificação de materiais em escala macro, “não utilizam a análise de ciclo de vida e falham em identificar e regular as lacunas legais existentes”⁷⁸⁸. Nesse sentido o manejo do princípio da precaução preenche eventuais falhas ou lacunas e justifica

⁷⁸⁴ NUNES, João Arriscado. Um discurso sobre as ciências 16 anos depois. In: SANTOS, Boaventura de Souza (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências revisitado*. São Paulo: Cortez, 2006. p. 73.

⁷⁸⁵ Significa dizer que a “convergência de disciplinas ou áreas do saber em projetos que procuram dar resposta a problemas sociais, de desenvolvimento de tecnologias apropriadas a formas de vida sustentáveis, de saúde ou ambientais identificados no plano local encontra expressão, hoje, numa diversidade de experiências cuja riqueza está ainda, em grande parte, por inventariar”. *Ibid.*, p. 70-71.

⁷⁸⁶ NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 166.

⁷⁸⁷ ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoietico do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 25.

⁷⁸⁸ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 48.

que “um ciclo adequado de avaliação dos nanomateriais deve ser definido e conduzido antes de sua comercialização”⁷⁸⁹.

De qualquer sorte a avaliação requer instrumentos e mecanismos jurídicos para efetivá-lo, a partir de padrões mínimos de observação e classificação dos níveis de riscos frente a exposição humana ou não humana à (nano)toxicidade, dado que “permite a recursividade das operações de observação”⁷⁹⁰.

No tocante às nanotecnologias, pode-se dizer que inexiste certeza científica relativa aos riscos. Esse contexto exige um constante monitoramento da atividade. Será indispensável avaliar periodicamente todas as prováveis situações de perigo para o gênero humano, incluindo desastres ambientais⁷⁹¹.

Em matéria de pós-consumo, a logística reversa representa um potencial para determinar e coletar dados sobre os possíveis impactos e efeitos junto ao meio ambiente e a saúde humana, formando um verdadeiro inventário de informações sobre os produtos nanos ao orientar ações e viabilizar decisões alicerçadas sob o manto constitucional dos princípios ambientais e valores jurídicos, além de atribuir responsabilidades em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos (art. 3º, IV da Lei 12.305/10). Com isso, “está-se diante de diversos atores que podem ser responsabilizados no âmbito da cadeia produtiva, de consumo, de disposição e de fiscalização”⁷⁹². Uma legítima ferramenta estratégica de controle e ajustes da direção das ações humanas frente ao atual “estágio em que os efeitos e as autoameaças são sistematicamente produzidos, mas não se tornam questões públicas ou o centro de conflitos políticos”⁷⁹³.

As nanotecnologias são consideradas inseridas (Figura 2) no “setor secundário da economia, em quaisquer de suas cadeias produtivas na indústria de transformação, entre a produção da matéria-prima pelo setor primário e o produto final de venda ao consumidor”⁷⁹⁴.

⁷⁸⁹ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 47.

⁷⁹⁰ GONÇALVES, Guilherme Leite. *Direito entre certeza e incerteza*. Horizontes críticos para a teoria dos sistemas. São Paulo: Saraiva, 2013. p. 67.

⁷⁹¹ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 205.

⁷⁹² LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. *Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012. p. 210.

⁷⁹³ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Uesp, 2012. p. 17.

⁷⁹⁴ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 21. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Figura 2 - Inserção das nanotecnologias na cadeia produtiva



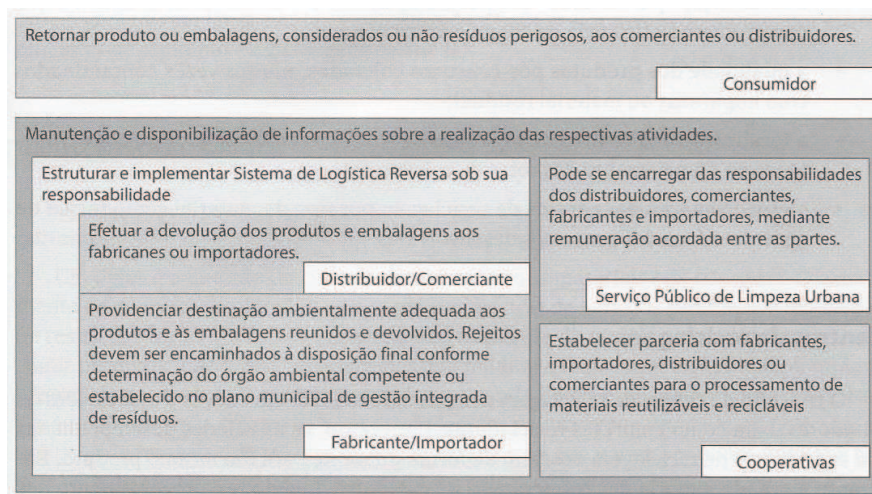
Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)⁷⁹⁵.

Sendo assim, uma abordagem sustentável dos resíduos (nano)tecnológicos deve contemplar que as decisões com foco na “eliminação de resíduos que afetam negativamente o meio ambiente, o desenvolvimento sustentável traduz-se frequentemente pelo emprego de métodos como a reciclagem, o reuso, a recuperação e o gerenciamento de resíduos”⁷⁹⁶ a partir dos princípios e objetivos traçados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, dentre eles, destacadamente, a obrigação da implantação do sistema de logística reversa (Art. 33, Lei 12.305/10), por conseguinte, a responsabilidade compartilhada (Quadro 5) pelo ciclo de vida dos produtos (Art. 6º, VII, Lei 12.305/10).

⁷⁹⁵ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 21. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁷⁹⁶ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística Reversa, Meio Ambiente e Sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de. (Org). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 8.

Quadro 5 - Responsabilidades das partes na logística reversa (Art. 33 PNRS)



Fonte: Lúcia Helena Xavier e Henrique Luiz Correa⁷⁹⁷.

A avaliação de um nanomaterial (ciclo de vida) voltada para a identificação do comportamento desses materiais⁷⁹⁸ ao longo da cadeia produtiva e pós-consumo, reflete uma preocupação não só baseada em critérios econômicos, mas também voltada as dimensões sociais e ambientais, ou seja, com o tripé da sustentabilidade (*triple bottom line*) e a influência recíproca dessas dimensões⁷⁹⁹.

O interesse e preocupação em tratar sobre fluxo reverso vem evoluindo constantemente desde a década de 70, formando concepções cada vez mais atualizadas e compatíveis com o desenvolvimento sustentável. Foi Rogers e Tibben-Lembke em 1998 que cunharam o termo logística reversa, quando então os estudos apontaram para uma cadeia de informações que percorre em sentido inverso, do ponto de consumo ao ponto de produção (origem), todo o tipo de informação a partir do planejamento e controle do fluxo de materiais e produtos, viabilizando a rastreabilidade e recuperação do seu valor ou da destinação final ambientalmente adequada (descarte)⁸⁰⁰, o que demonstra como essencial não só o aproveitamento como também a redução do desperdício e por consequência a redução dos riscos.

⁷⁹⁷ XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 83.

⁷⁹⁸ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 48.

⁷⁹⁹ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística reversa, meio ambiente e sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 7.

⁸⁰⁰ *Ibid.*, p. 8.

O gerenciamento do fluxo reverso dos produtos pós-consumo “são possíveis em virtude de uma série de fatores, como exigências legais, revalorização econômica, interesses mercadológicos, interesses ecológicos e ambientais, hábitos de consumo industriais e da sociedade em geral”⁸⁰¹. Essas cadeias de ciclo reverso pós-consumos são classificadas em dois tipos: *ciclo aberto*, que são canais de retorno de produtos duráveis (automóveis, eletrodomésticos, eletrônicos, máquinas e equipamentos industriais, aeronaves, construções civis, entre outros) de onde se extrai materiais como o metal, plástico, vidro, papel, entre outros para reintegração no ciclo produtivo como matérias-primas para fabricação de outros produtos diversos do original, e *ciclo fechado*, que são canais de retorno de produtos semiduráveis descartados (óleos lubrificantes, baterias, embalagens de metais, embalagens plásticas, entre outros), no qual são extraídos seletivamente, por meio de processos tecnológicos, os materiais de sua composição para produção de novos produtos similares ao original.

Essa nova concepção⁸⁰², considerada a possibilidade de obtenção de valores pelo reprocessamento e reutilização do produto ou pela correta destinação e disposição final ambientalmente adequada⁸⁰³ após cumprido o seu ciclo de vida, leva a crer que pode constituir uma importante ferramenta de gestão para o controle e identificação e percepção dos riscos produzidos pelos produtos (nano)manufaturados, na medida que os “produtos fornecidos pelo sistema produtivo para atender às demandas da sociedade possuem uma história que se inicia com a obtenção dos recursos necessários do sistema natural e termina com a destinação pós-consumo”⁸⁰⁴. Deve-se, portanto, considerar que “uma vez livre na natureza, os produtos fabricados com nanomateriais representam uma classe totalmente nova de contaminantes”⁸⁰⁵, e, por conseguinte, deve ter um tratamento especial por meio de

⁸⁰¹ PEREIRA, André Luiz et al. *Logística reversa e sustentabilidade*. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 32.

⁸⁰² Segundo a Política Nacional de Resíduo Sólidos (Art. 3º, inciso XII, Lei 12.305/10), a *logística reversa* é “o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸⁰³ Por *destinação* entende-se destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa. Já por *disposição*, refere-se distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Ibid.

⁸⁰⁴ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. *Logística reversa, meio ambiente e sociedade*. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 8.

⁸⁰⁵ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 48.id

medidas de gerenciamento⁸⁰⁶ e gestão integrada⁸⁰⁷ de resíduos sólidos, com previsão do fluxo reverso, já que adota a responsabilidade compartilhada.

[...] A logística reversa e a responsabilidade compartilhada, instituídas na lei, são estratégias na implantação de um modelo de produção e consumo sustentáveis. As responsabilidades do gerador, do importador, do distribuidor, do comerciante, assim como do consumidor do produto, com um fluxo reverso dos resíduos, podem impactar positivamente este objetivo [...]⁸⁰⁸.

Outro ponto relevante a ser considerado é o fato da Política Nacional de Resíduos Sólidos instituir que o controle da destinação final ambientalmente adequada será feito pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, observado as normas operacionais específicas voltadas a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, bem como minimizar os impactos ambientais adversos⁸⁰⁹. Nesse caso, no que se refere as nanotecnologias não há qualquer previsão específica, pois permanece em tramite o Projeto de Lei nº 6.741/13. Outrossim, apesar de abordar a questão dos resíduos, deixa aberta uma lacuna a ser preenchida, qual seja, como já apontado, estabelecer qual será o órgão responsável pela segurança e controle dos riscos associados a produção, consumo e resíduos nanotecnológicos.

Ademais, estão sendo inseridas em diversos produtos expressos no artigo 33 da Lei 12.305/10 (PNRS), passível, portanto de complementação ferramentas estruturadas com a finalidade de monitorar e avaliar o comportamento das nanotecnologias consubstanciados no direito/dever de prevenir, precaver e informar, dando a correta destinação, conforme o grau de risco de cada nanomaterial. Como ainda não há provas de segurança, o risco acaba sendo uma consequência das decisões que são ou serão tomadas⁸¹⁰.

⁸⁰⁶ Nos termos do art. 3º, inciso X da Lei 12.305/10, o *gerenciamento de resíduos sólidos* constitui “um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”. 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸⁰⁷ Por *gestão integrada de resíduos sólidos* entende-se: “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (art. 3º, inciso XI, Lei 12.305/10). *Ibid.*

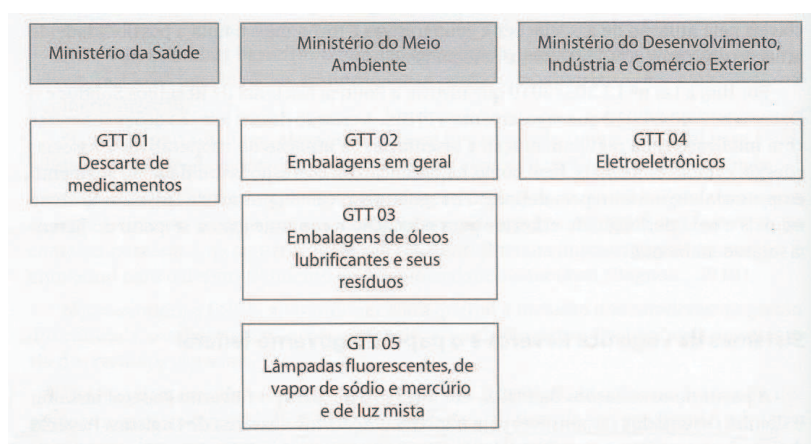
⁸⁰⁸ CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. *Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil*. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-180, Jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015. p. 176.

⁸⁰⁹ Art. 3º, inciso XI da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12.305/10. BRASIL, *op. cit.*

⁸¹⁰ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Os "compliance programs" como uma alternativa à gestão empresarial para lidar com o direito à informação do consumidor e os riscos trazidos pelas

Existe, portanto, nítida relevância sobre o debate nesse cenário, pois evidencia a necessidade de estruturação e organização da logística reversa pelos ministérios, o que já vem ocorrendo por meio dos grupos de trabalho (Quadro 6). Dessa forma, preventivamente, conduz-se aos estudos sobre as diversas formas e dimensão da exposição a agentes nocivos, como é o caso dos resíduos tóxicos, ou seja, de uma forma ou de outra existe uma potencialidade de exposição aos nanomateriais devido a sua “mobilidade e persistência no solo, água e ar, biocumulação e interações inesperadas com químicos e materiais biológicos”⁸¹¹.

Quadro 6 - Estrutura e organização do Sistema de Logística Reversa (SLR)



Fonte: Lúcia Helena Xavier e Henrique Luiz Correa⁸¹².

Desse modo, um “olhar mais amplo sobre o ciclo de vida é importante para evitar adoção de soluções que sejam eficientes em uma determinada fase, mas que possam ser prejudiciais em outra”⁸¹³. Além disso, deve-se estabelecer um cálculo apropriado da meia-vida (decaimento exponencial) de cada (nano)material e/ou (nano)produto no contexto da avaliação do ciclo de vida (Figura 3).

[...] os artefatos somente se distinguem em relação a sua *meia-vida*, para usar a expressão da física nuclear. Isso quer dizer que bens mais preciosos (chamados duráveis) ficam ou circulam normalmente mais tempo, como artefato, no mundo vital, do que bens de consumo imediato. A meia-vida de

nanotecnologias. In: Aires José Rover; José Renato Gaziero Cella; Fernando Galinda Ayuda. (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: CONPEDI, 2014, v. 1, p. 417-433. Disponível em: <<http://publica.direito.com.br/publicacao/ufsc/livro.php?gt=122>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

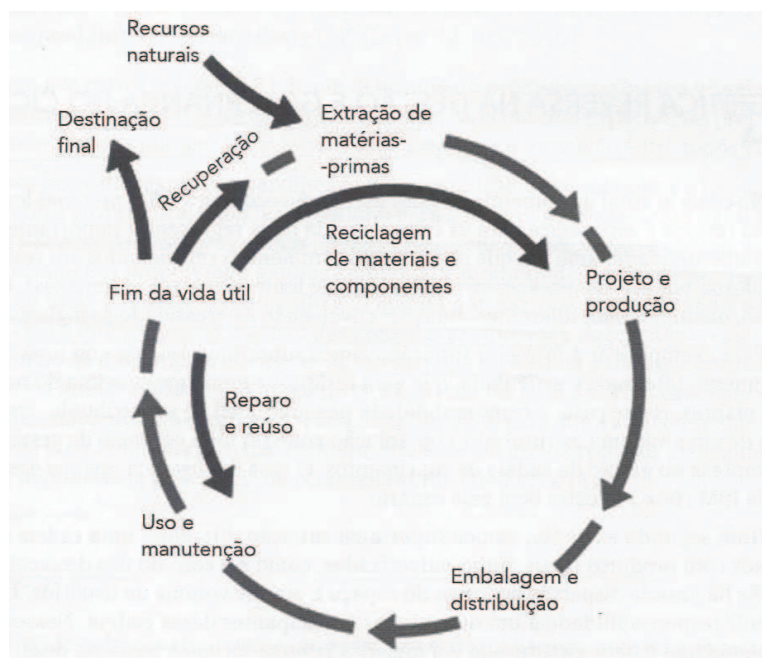
⁸¹¹ MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009. p. 48.

⁸¹² XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 110.

⁸¹³ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística reversa, meio ambiente e sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de. (Org). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 9.

um artefato seria o tempo depois do qual ele possui somente a metade da sua utilidade ou do seu sentido. A meia-vida de uma embalagem não ultrapassa dois ou três dias, a de sapatos alguns meses, a de um carro quatro ou cinco anos, e assim por diante⁸¹⁴.

Figura 3 - Ciclo de vida de um produto



Fonte: Fabrício Molica de Mendonça, André Teixeira Pontes e Ricardo Gabbay de Souza⁸¹⁵.

Além de ser uma ferramenta multidisciplinar, constitui uma tentativa de se encontrar o melhor instrumento jurídico regulatório⁸¹⁶, que dê suporte a método de avaliação dos riscos dos (nano)materiais já produzidos e comercializados, em resposta as preocupações de “controle da comercialização dos produtos; cuidados com a saúde e segurança; proteção ao consumidor, preservação do meio ambiente, incluindo a regulamentação sobre o tratamento e descarte dos resíduos gerados por nanomateriais”⁸¹⁷, já que “todas as coisas que fabricamos

⁸¹⁴ BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 23.

⁸¹⁵ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. *Logística reversa, meio ambiente e sociedade*. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 9.

⁸¹⁶ A avaliação de Ciclo de Vida (ACV) trabalha com uma visão ampla e integrada de todas as etapas da vida útil de um produto, avaliando o impacto da extração, composição e processamento dos materiais, consumo energético e gestão dos resíduos. [...] Outro aspecto relevante que decorre da ACV é a possibilidade do uso do método como subsídio à elaboração de mecanismos legais e normativos a respeito, por exemplo, da gestão de produtos, materiais e resíduos perigosos. XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 149-150.

⁸¹⁷ LEDESMA, Ana Gimenez. *Metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil*: proposição de um modelo analítico-prospectivo. 62 f. Dissertação (Mestrado) -- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2010.

são finitas e têm uma *expectativa de vida útil* que é definida pela práxis social”⁸¹⁸. Sendo assim, a “falta de uma visão sistêmica, muitas vezes, pode levar à criação de normas e legislações setoriais que não atendem às reais necessidades da sociedade”⁸¹⁹.

A exemplo da Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)⁸²⁰, busca-se obter e determinar: propriedades físico-químicas; potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente; toxicidade ambiental; e toxicidade com relação aos mamíferos⁸²¹. Os desafios a serem enfrentados são enormes e o esforço hercúleo, pois os “riscos são distintos em cada etapa produtiva, quando do manuseio, da produção, da incorporação e/ou da degradação do nanomaterial ou do produto contendo nanomaterial(is)”⁸²².

O risco principal é a contaminação através da dispersão aérea, seguido pelo contato (pele e mucosas) e, por último, por ingestão acidental. Há também riscos de contaminação ambiental (dispersão de materiais particulados) decorrente da degradação dos produtos ou mesmo acidentes (vazamento) de produtos e/ou falha no sistema de gestão e controle ambiental. Em relação aos trabalhadores, potencialmente, os riscos serão decorrentes, principalmente da exposição às nanopartículas, que apresentem grande capacidade de penetração e, conseqüentemente, de distribuição em vários órgãos do corpo⁸²³.

Desse modo, o mapeamento do ciclo de vida de um (nano)produto (Figura 4) acaba sendo uma importante fonte de informações sobre os possíveis impactos ou efeitos produzidos ao longo da sua vida, já que conceitualmente “é o conjunto de fases que compõe toda a história do produto”⁸²⁴. Considerado o caráter inovador, diversidade de materiais e aplicações, o “conhecimento dos riscos que os nanomateriais causam à saúde pública e ao meio ambiente

⁸¹⁸ BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 23.

⁸¹⁹ XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 150.

⁸²⁰ A Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) tem como missão promover políticas que melhorem o bem-estar econômico e social de pessoas em todo o mundo, compartilhando experiências e impulsionando a mudança econômica, social e ambiental. Analisam dados para previsões futuras, estabelecem padrões internacionais em um amplo leque de interesses, dentre eles, o da segurança dos produtos químicos e da segurança dos nanomateriais manufaturados. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). Paris, 2015. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸²¹ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Panorama nanotecnologias*. Brasília, DF: ABDI, 2010. p. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

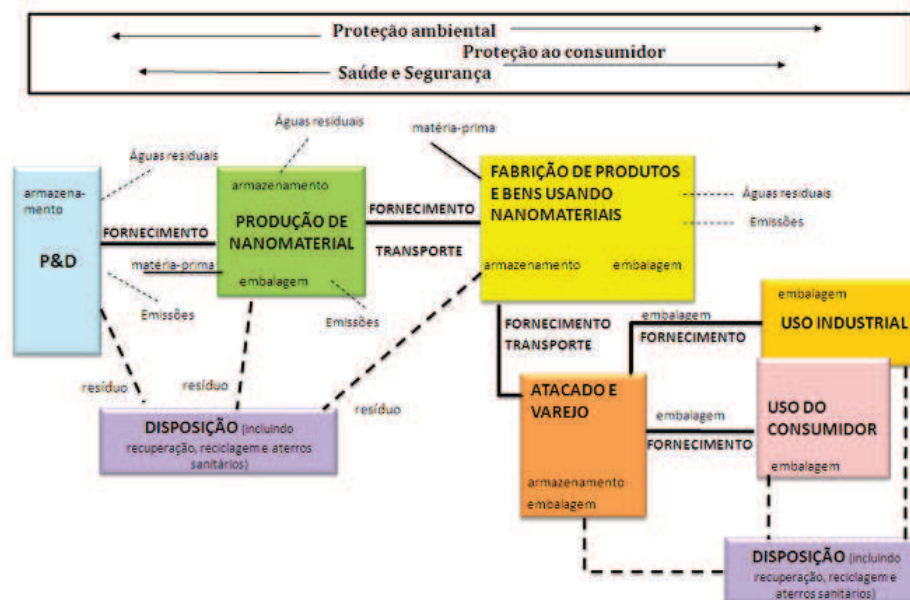
⁸²² *Ibid.*, p. 41.

⁸²³ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 22. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸²⁴ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística reversa, meio ambiente e sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de. (Org). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 8.

é importante para que sua liberação, produção, comercialização e descarte sejam adequados e sustentáveis”⁸²⁵.

Figura 4 - Ciclo de vida dos nanomateriais



Fonte: L. Frater et al.⁸²⁶.

Por esta razão, segundo Engelman, “ao lado dos avanços científicos, será necessário desenvolver um conjunto de providências vinculadas à gestão dos riscos, notadamente a avaliação dos efeitos toxicológicos dos resultados das nanotecnologias”⁸²⁷. Sendo assim, “é realista inferir que uma abordagem de avaliação de risco caso-a-caso seja pertinente, de acordo com as propriedades físico-químicas das partículas”⁸²⁸, uma vez que “estudos científicos sugerem que algumas nanopartículas sintéticas são susceptíveis de causarem danos graves para a saúde humana e o ambiente”⁸²⁹.

⁸²⁵ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 154.

⁸²⁶ FRATER, L. et al. *An overview of the framework of current regulation affecting the development and marketing of nanomaterials*. ESRC Centre for Business Relationships Accountability Sustainability and Society. BRASS. Cardiff: Cardiff University, 2006. p. 56. Disponível em: <<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090609003228/http://www.berr.gov.uk/files/file36167.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸²⁷ 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*, São Paulo, v. 69, p. 6, 2013.

⁸²⁸ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. p. 22. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸²⁹ MELO, Helena Pereira de. “No data, no market”: a aplicação do princípio da precaução à nanotecnologia. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade do Porto*, Coimbra, p. 5, 2004. Disponível no site: <www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/HPM10.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

Nesse sentido os “atores envolvidos com todas essas fases do ciclo de vida precisam buscar maneiras de melhorar o desempenho ambiental, social e econômico de suas atividades”⁸³⁰, adotando “critérios para um agir precaucional, que não deverá estar preso a concepções conceituais e abstratas, mas orientadas pela ação”⁸³¹, permitindo o “trato do risco pelo Direito de maneira diversa à linearidade no tradicional raciocínio legalista”⁸³².

A Royal Society & The Royal Academy of Engineering produziu um documento em 2004 no qual trata das oportunidades e incertezas da nanociência e nanotecnologias. O documento recomenda entre outras coisas, que o fabricante ao aplicar nanotecnologia adote medidas durante o ciclo de vida dos produtos para investigar e avaliar os perigos e as vias de exposição, reduzindo as incertezas sobre o potencial risco sobre a saúde humana, segurança e meio ambiente⁸³³. Indica-se dessa forma, que o caminho para alcançar os resultados mais eficazes de segurança deve observar a análise de todo o ciclo de vida, “uma vez que cada fase é importante para a sustentabilidade do produto”⁸³⁴.

Segundo recente levantamento realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), existe no mercado um total de 637 (seiscentos e trinta e sete) produtos que fazem referência ao uso de nanotecnologias entre os produtos registrados na agência, discriminados por classes de produtos, descritos da seguinte forma: 599 produtos cosméticos (94%), 20 produtos saneantes (3,1%), 10 medicamentos (1,6%), 07 produtos para saúde (1,1%), 01 alimentos (0,2%)⁸³⁵, todos de alguma forma ou de outra produzem resíduos descartáveis que futuramente são descartados, necessitando do adequado manejo e destinação ambientalmente adequada. Esse cenário indica que se percorre um bom momento para prever

⁸³⁰ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística reversa, meio ambiente e sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de. (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 8.

⁸³¹ 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, São Paulo, v. 69, p. 8, 2013.

⁸³² FORNASIER, Mateus de Oliveira. *Nanotecnologias, transdisciplinaridade e teoria dos sistemas autopoieticos: apontamentos em prol de uma visão dialogal das ordens jurídicas normativas da sociedade mundial*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=5e4c4233882f7f4d>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸³³ THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, jul. 2004. p. IX-X. Disponível em: <<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸³⁴ MENDONÇA, op. cit., p. 8.

⁸³⁵ AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Diagnóstico institucional de nanotecnologia*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/fb117d80436c3cabb1b5b72a042b41f5/Diagn%C3%B3stico+Institucional+de+Nanotecnologia+-+CIN+2014+-+Dicol.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso: 24 jun. 2015.

os riscos operacionais e a reação de um mesmo (nano)material a diversos meios e de como se comportará fora do laboratório⁸³⁶.

Um caminho com objetivos bem delimitados vem sendo trilhado e corroborado pelo crescente número de participantes interessados nesse processo transdisciplinar. A National Nanotechnology Initiative (NNI), a partir da temática sobre a percepção, avaliação e gerenciamento dos riscos potenciais da nanotecnologia, vem reunindo representantes da investigação, regulamentação, nanomanufatura, pequenas empresas, riscos financeiros, ONG e outras autoridades públicas e comunidades para tratar essencialmente dos "tipos de decisões" a partir da perspectiva de várias comunidades em sua abordagem para análise de risco ocupacional, do ciclo de vida do produto comercial e do ciclo de vida ambiental⁸³⁷.

A logística reversa, como instrumento jurídico, pode vir a ser compreendida como o meio de diálogo entre todas as etapas e interessados da cadeia produtiva, inclusive fora dela com feedback para formação de um consenso, ou conforme Molinaro e Sarlet, de uma "decisão final no nível nacional e supranacional pautada por um amplo diálogo social"⁸³⁸. A partir da base de critérios e normas específica determinadas para cada etapa da produção se pode extrair dados e resultados de análises por meio das ferramentas do Framework e da Árvore de Decisão, além de estar cumprindo com a finalidade prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, qual seja, diminuir ou evitar a produção de resíduos potencialmente nocivos à saúde pública e ao meio ambiente. Proporciona, assim, um ponto de observação para o problema da produção de incertezas das nanotecnologias, superando algumas demandas iniciais de dificuldade de controle para formação de um quadro regulatório condizente com o atual estágio do desenvolvimento dessa tecnologia. Segundo Luhmann, é a reconstrução de um fenômeno de contingência múltiplos, como tal, oferece perspectivas diferentes para diferentes observadores⁸³⁹.

Ademais, ainda que considerada uma forma de intervenção direta, pode ser lida como uma forma de concretização de uma intervenção indireta, a uma, porque na ausência de regulamentação de setores, a logística reversa prevista na Política Nacional de Resíduos

⁸³⁶ Informação coletada da conferência sobre Nanotecnologia e Regulação do Brasil, realizada no XIV Simpósio Internacional IHU: Revoluções tecnocientíficas, cultura, indivíduos e sociedades, no dia 21.10.2014 na Unisinos.

⁸³⁷ NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE (NNI). *Stakeholder perspectives on the perception, assessment, and management of the potential risks of nanotechnology (R3 Workshop)*. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1025>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁸³⁸ MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 114.

⁸³⁹ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 59.

Sólidos (Lei 12.305/10) trata diretamente de uma responsabilização civil compartilhada (art. 30) e objetiva⁸⁴⁰ pelo ciclo de vida dos produtos (art. 33) que na prática visa a prevenção de danos, a duas, porque é considerada também uma ferramenta estratégica, de adesão e compromisso ao pacto de gestão socioambiental por parte das organizações.

Dessa forma, conduz a uma intervenção indireta⁸⁴¹, podendo fomentar ao incentivo por meio dos instrumentos econômicos (Capítulo V, Lei 12.305/10), quando então o poder público pode instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas focadas: (i) na prevenção e redução de resíduos sólidos no processo produtivo, (ii) no desenvolvimento de produtos com menores impactos à saúde humana e à qualidade ambiental em seu ciclo de vida; (iii) implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos, (iv) desenvolvimento de projetos de gestão dos resíduos sólidos de caráter intermunicipal ou regional, (v) estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa, (vi) descontaminação de áreas contaminadas, incluindo as áreas órfãs, (vii) desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólido, e (viii) desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos (art. 42).

Outra forma, também prevista, ocorre por meio do fomento ou na concessão de incentivos creditícios (art. 43), além da concessão de incentivos fiscais, financeiros ou creditício por parte da União, Estado, Distrito Federal e dos Municípios (art. 44), criados por meio de programas de benefícios fiscais, com a redução de alíquotas de taxas ambientais ou até mesmo isenção dado o caráter social do resultado obtido (sanção positiva).

No cenário das (nano)tecnologias, o que acontecerá no futuro jamais dependerá de somente um acontecimento, portanto, a insegurança se multiplica pela união de circunstâncias, como resultado o futuro permanece preso ao cálculo de probabilidade e improbabilidade de riscos conforme a percepção social⁸⁴², que segundo autores como Beck, Luhmann, Douglas e Wildavsky, trata-se de uma construção cognitiva, social ou política no qual além da avaliação do grau de importância ou aceitação dos riscos, está o julgamento a sociedade ideal, pois elementos culturais afetam a percepção sobre os riscos, segundo uma

⁸⁴⁰ Lei nº 7.347/85 (ACP) e artigos 3º e 14, § 1º da Lei nº 6.938/81 (PNMA).

⁸⁴¹ MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 114.

⁸⁴² LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 92-93.

avaliação individualizada. Além disso, não há consenso entre os pesquisadores⁸⁴³. A construção de ferramentas jurídicas com o auxílio dos programas de gestão e logística reversa são necessários e merecem um amplo debate para promover o suporte de segurança, garantias e responsabilidades pelas informações repassadas para a sociedade, pois são a partir delas que se produz uma correta percepção dos riscos das nanotecnologias.

4.2.2 A Gestão dos Riscos e o Monitoramento dos Produtos Nanotecnológicos: uma abertura para o diálogo das fontes do conhecimento à luz dos princípios ambientais.

O desenvolvimento econômico global, acirrado e competitivo, eleva as (nano)tecnologias ao status de peça chave, verdadeiramente revolucionária, tendente a desafiar os padrões contemporâneos da sociedade e do sistema jurídico como um todo. Em razão da alta complexidade, insegurança e incerteza⁸⁴⁴, abre-se o debate sobre a técnica “inscrita por inteiro na constelação do *domínio*, de onde nasceu e em cujo seio só pôde se desenvolver por meio de rigorosos procedimentos de *controle*, que, para tanto, tinha que ser *planetário*”⁸⁴⁵.

Nessa quadra do desenvolvimento tecnológico, “a comunidade científica prediz que num futuro próximo, a nanotecnologia dominará a economia mundial”⁸⁴⁶, indica que a “*técnica se transforma de meio em fim*”⁸⁴⁷, observação que implica compreender que a “noção de sustentabilidade tem certamente uma história e diversas versões em disputa, variando conforme as forças sociais e os interesses em jogo, em cada contexto institucional, em cada âmbito geográfico”⁸⁴⁸.

Revela-se, portanto, imperioso compreender que no contexto do sistema econômico a sustentabilidade além de um ideal “passa a ser a base de qualquer justificativa que seja necessária para legitimar uma prática ou um empreendimento”⁸⁴⁹. De outro lado, o “novo

⁸⁴³ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012 [No prologo].

⁸⁴⁴ Particularmente pela carência de dados técnicos (nano)toxicológicos e da ausência de uma (nano)regulação.

⁸⁴⁵ GALIMBERTI, Umberto. *Psiche e Techne: o homem na idade da técnica*. São Paulo: Paulus, 2006. p. 8.

⁸⁴⁶ CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE (CNM/CUT), 2., 2012, São Bernardo do Campo. *Desenvolvimento sustentável: OLT como instrumento de promoção de saúde: cadernos de textos*. São Bernardo do Campo, 2012. p. 17. Disponível em: <<http://www.cnmcut.org.br/midias/arquivo/139-ii-conferencia-nacional-saude-fbaixa.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁴⁷ GALIMBERTI, op. cit., p. 12.

⁸⁴⁸ BOEIRA, Sérgio Luís. Sustentabilidade e epistemologia: visões sistêmica, crítica e complexa. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce; FERNANDES, Valdir (Ed.). *Gestão de natureza pública e sustentabilidade*. São Paulo: Manole, 2012. p. 211.

⁸⁴⁹ WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e adaptação ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014. p. 291-292.

imperativo clama por outra coerência: não a do ato consigo mesmo, mas a dos seus efeitos finais para a continuidade da atividade humana no futuro”⁸⁵⁰.

Dessa forma, o debate nanotecnológico⁸⁵¹ trata sobre questões atuais no contexto da sustentabilidade e de modo geral sobre responsabilidade: na ordem social, produção, formas de comercialização e consumo de produtos (padrões de consumo), de modo que o fenômeno se desenvolva sem, contudo, se divorciar das necessidades sociais⁸⁵². Evidencia-se uma preocupação quanto à forma que a tecnologia é inserida no mercado de consumo global⁸⁵³, já que o “processo de modernização torna-se ‘reflexivo’, convertendo-se a si mesmo em tema e problema”⁸⁵⁴, pois retrata a condição de uma produção alicerçada na “obsolescência programada”⁸⁵⁵ e de efeitos colaterais tardios. Esse modelo tende a escapar das instituições para o controle e proteção das organizações⁸⁵⁶, tendência que vem sendo corporificada quando os novos produtos (nano)tecnológicos passam a ser lançados e colocados no mercado de consumo sem que exista um método de avaliação de riscos, com análise de dados técnicos

⁸⁵⁰ JONAS, Hans. *O princípio da responsabilidade*: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto, Ed. PUC-Rio, 2006. p. 49.

⁸⁵¹ Destaca-se alguns dos questionamentos atuais: Todos os resultados dos projetos de investigação científica devem efetivamente ser transferidos para a indústria? Quem responde? O cientista, ou a Universidade onde ele trabalha, o órgão de fomento que financia a pesquisa, o fabricante que recebe a fórmula científica por meio de transferência da tecnologia, o comerciante, o Estado. Afinal, quem prestará contas pelos resultados gerados em relação ao ser humano e o meio ambiente? Como são divulgadas as pesquisas científicas desenvolvidas com verba pública? Quem entende a linguagem técnico-científica? Essas são questões muito sérias, ladeadas por outra tão importante quanta esta: a questão ética. Tudo o que o conhecimento científico puder gerar e atingir poderá ser feito? Aqui se encontra a questão do limite. Quando é hora de parar? Qual o grau de confiabilidade que a população em geral tem nos cientistas? HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias*: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão [No prelo].

⁸⁵² Douglas afirma que para “compreender os princípios da responsabilização, é preciso desvelar os tipos de objetivos sociais adotados e as estratégias usadas para atingi-los. Para tanto, há que se realizar uma análise cultural que submeta todos os conceitos de normalidade ao mais minucioso escrutínio. A culpabilidade é estabelecida a partir do momento em que são traçados os limites da normalidade”. DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura*: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 33.

⁸⁵³ Merece destaque a necessidade do direito/dever da ampla informação ao consumidor para que seja possível adquirir produtos e novas tecnologias de forma consciente, exercendo seu direito e poder de decisão. “[...] Durante muito tempo havia total desconhecimento da ciência sobre inúmeros riscos graves provocados pelas novas tecnologias. O aumento do efeito estufa, os perigos da energia nuclear, os impactos do DDT, a relação entre a contaminação urbana e a asma infantil, os efeitos do asbesto, do amianto e do chumbo foram sempre descobertos a posteriori, após os produtos comerciais terem sido liberados para ampla circulação [...]. DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana*: possibilidades e limites das nanotecnologias. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 69.

⁸⁵⁴ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco*: rumo a uma nova modernidade. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 24.

⁸⁵⁵ No cenário exacerbado do consumo resta importante o conceito de obsolescência planejada ou programada, podendo ser definida como a redução artificial da durabilidade dos bens de consumo, para que induza os consumidores a adquirirem produtos substitutos antes do necessário e, por consequência, com mais frequência do que normalmente o fariam. MORAES, Kamila Guimarães de. *Obsolescência planejada e direito*: (in)sustentabilidade do consumo à produção de resíduos. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015. p. 51.

⁸⁵⁶ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização reflexiva*: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Editora Uesp, 2012. p. 17.

suficientemente claros sobre a potencialidade de efeitos e impactos ao longo de seu ciclo de vida, portanto, sem as situações ideais de liberação⁸⁵⁷. Isso demonstra que as instituições enfraquecidas – pois ainda procuram respostas por meio da coleta de dados do passado -, tornam-se legitimadoras, cegas e surdas dos efeitos e ameaças que não conseguem controlar⁸⁵⁸. Significa que os efeitos da sociedade de risco não podem ser tratados e assimilados de acordo com os padrões instituídos pela sociedade industrial, pois gera autoconfrontação. Nesse caso, deve-se considerar que é “exatamente a abstração que produz e proporciona realidade à sociedade de risco”⁸⁵⁹.

Aliás, quando se fala em método, deve-se ter em conta que “a possibilidade de manipular a análise quantitativa geralmente é conhecida, porque se supõe que o método em si inclui uma opção para o lado de quem está utilizando”⁸⁶⁰. Sendo assim, “os novos tipos e limites do agir exigem uma ética de previsão e responsabilidade compatível com esses limites, que seja tão nova quanto as situações com as quais ela tem de lidar”⁸⁶¹. Nessa hipótese, caso seja considerada a produção de uma autolimitação do desenvolvimento das nanotecnologias e ou a determinação de novos padrões de responsabilidade, segurança, controle e particularmente a limitação do dano e distribuição de consequências - que ainda são indetermináveis pela ciência -, ainda assim, permanece uma carência de percepção sensorial pública, que na ausência pode ser potencializada pela imaginação humana, já que a “definição do perigo é sempre uma construção *cognitiva e social*”⁸⁶². Nesse sentido Douglas e Wildavsky mencionam que o risco se trata de um processo social, motivo pelo qual consideram que não se pode ignorar tais aspectos sob pena de direcionar o foco para os

⁸⁵⁷ Para além dos princípios, Rocha e Carvalho apontam que: “Diante das incertezas emanadas pela Sociedade Contemporânea e do conseqüente enfraquecimento do Estado Moderno, como autoridade central propulsora de um discurso dominante, e o conseqüente deslocamento dos centros de tomada de decisão, a problemática ambiental apresenta, segundo a nossa opinião, a necessidade da formação de uma Teoria do Direito Reflexivo, que seja capaz de fornecer novas abordagens, observações e posturas frente aos riscos ecológicos gerados pela complexidade”. ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 21-22, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁵⁸ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Uesp, 2012. p. 15-18.

⁸⁵⁹ *Ibid.*, p. 18.

⁸⁶⁰ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 197.

⁸⁶¹ JONAS, Hans. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006. p. 57.

⁸⁶² BECK, op. cit., p. 19.

problemas errados e afetar o julgamento de quais perigos realmente devem ser temidos, que valem a pena e quais se deve permitir⁸⁶³.

Mesmo partindo de perspectivas diferentes, os autores vinculam o risco à construção social do risco, o que evidencia o seu caráter sociocultural, distanciando-o da noção de perigo. Há também uma visível preocupação em relação aos fins para os quais os riscos são fabricados, independente da forma como são percebidos⁸⁶⁴.

Dessa maneira, “se queremos saber o que ocorre, devemos observar o observador e esforçarmos, em determinado caso, por ter teorias acerca do condicionamento de nossas observações”⁸⁶⁵. Visto assim, “o Direito ambiental é, em realidade, muito mais que uma especialidade, muito mais que uma disciplina autônoma do direito, é uma troca de cultura jurídica em geral”⁸⁶⁶.

Nessa perspectiva, alguns dos “princípios estruturantes” e “constitutivos do núcleo essencial do direito do ambiente, garantindo certa base e caracterização”⁸⁶⁷, representam a busca do rompimento de velhos paradigmas, do aperfeiçoamento e desenvolvimento do Direito para novos horizontes, haja vista que no “grau mais elevado, o princípio não contém ainda nenhuma especificação de previsão e consequência jurídica, mas só uma «ideia jurídica geral», pela qual se orienta a concretização ulterior como por um fio condutor”⁸⁶⁸. Sendo assim, cabe ao Direito criar ou (re)modelar alguns recursos e ferramentas com o potencial para dar suporte na construção do gerenciamento e avaliação de riscos das nanotecnologias⁸⁶⁹. Com segurança, os métodos e profissionais serão imprescindíveis para operacionalizar a tutela constitucional da proteção ambiental e humana devido a sua característica transdisciplinar⁸⁷⁰.

⁸⁶³ DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 6.

⁸⁶⁴ PEREIRA, Reginaldo. *A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia*. 2013. 471 f. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. p. 284.

⁸⁶⁵ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 71.

⁸⁶⁶ CAFFERATTA, Néstor. Los principios y reglas del derecho ambiental. In: In: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (UNEP). *Quinto programa regional de capacitación en derecho y políticas ambientales*. p. 49. Disponível em: <<http://www.pnuma.org/gobernanza/PonenciasVPrograma.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁶⁷ LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. p. 55.

⁸⁶⁸ LARENZ, Karl. *Metodologia da ciência do direito*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991. p. 674.

⁸⁶⁹ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁸⁷⁰ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 59.

Dentre tantos outros, os princípios ambientais da prevenção, precaução e informação (condutor da educação e participação) atuam como base legitimadora para dar o alcance e a maior efetividade nas decisões que envolvam a sustentabilidade dos efeitos dos descartes de produtos nanotecnológicos manufaturados no meio ambiente⁸⁷¹, “relevantes para as decisões no âmbito dos direitos fundamentais⁸⁷², em face da ausência de regulação e da inexistência de “uma visão única para abordar a união entre a ecologia e a economia”⁸⁷³, já que ambas devem coexistir, mas cada qual dentro de sua própria racionalidade operativamente fechada.

Se tem assim, um ponto de partida para o Direito atribuir responsabilidades e impor soluções⁸⁷⁴ quando as “condições tecnológicas, industriais e formas de organização e gestões econômicas da sociedade estão em conflito com a qualidade de vida”⁸⁷⁵. Por conseguinte, o manejo dos princípios da prevenção, precaução e informação, constituem um aporte e direcionamento para os limites⁸⁷⁶ e responsabilização de todos os atores que se beneficiam do desenvolvimento da ciência e tecnologia, o que inclui a sociedade (consumidora).

A toda busca surge dúvidas e preocupações marcantes sobre dados quantitativos e qualitativos de testes e métodos desenvolvidos, tanto de

⁸⁷¹ A preocupação em relação ao descarte e toxicidade dos produtos nanos está focada mais na aplicação e saúde do consumidor, contudo, o panorama se voltou também para as questões ligadas ao descarte dos produtos, contudo, a repercussão de impactos e efeitos no meio ambiente passou a ser considerada de extrema importância, na medida em que reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas (art. 225 da CF/88), pois os efeitos da interação da nanopartículas - se aglomeram quando em contato umas com as outras, além de interagirem biológico e quimicamente como o meio, nesse caso o solo, a água e o ar, podendo formar estruturas diferenciadas, potencializando os riscos ambientais pela toxicidade produzida dessa aglomeração e interação com o meio ambiente. Nesse sentido alerta Arline Arcuri: “qualquer descarte de nanopartículas tem de ser tratado como perigoso, porque não sabemos o que vai acontecer quando for jogado no meio ambiente”. NANOTECNOLOGIA e segurança do trabalho: impactos toxicológicos e psicológicos. Entrevista especial com Arline Arcuri. [22 out. 2014]. *Instituto Humanitas Unisinos*, São Leopoldo, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/536582-nanotecnologia-e-seguranca-do-trabalho-impactos-toxicologicos-e-psicologicos-entrevista-especial-com-arline-arcuri>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁷² ALEXY, Robert. *Teoria dos direitos fundamentais*. São Paulo: Malheiros, 2011. p. 135-136.

⁸⁷³ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 19.

⁸⁷⁴ O Direito “institui a «sua» realidade, ele impõe a «sua» visão das coisas, ainda que tomando-a por ficção [...] é antes de mais, isso mesmo: uma palavra, socialmente autorizada, que denomina, classifica e arbitra [...]. Assim, o direito poderá qualificar determinados elementos da natureza de «patrimônio comum da humanidade», impor deveres em nome de uma responsabilidade com respeito às gerações futuras [...]. Produtor de ficções operatórias, o direito atribui o social a uma transcendência que se opõe à simples instrumentalização da lei, prestando-se simultaneamente a uma reinterpretação permanente sob a forma do debate argumentado [...]. O direito surge particularmente adaptado para a tarefa que consiste em ligar os vínculos e demarcar os limites. O direito articula o vínculo social e procede dele”. OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 21-22.

⁸⁷⁵ LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. p. 27.

⁸⁷⁶ O limite é “fronteira, barreira, confins e raia [...] marca uma diferença que não podemos suprimir, a distância entre um antes e um depois, um aqui um acolá. E, no entanto, o limite, tal como o horizonte, revela-se igualmente um conceito dialético: princípio de encerramento, ele é de igual modo princípio de transgressão. Se, por um lado, assegura a demarcação, permite por outro lado a passagem. Ele é ponto de permuta e, simultaneamente, sinal de diferença [...] em nossa época perdeu, pelo menos depois da modernidade, o sentido do vínculo e do limite das suas relações com a natureza”. OST, op. cit., p. 8-9.

criação como de experimentação, visando obter resultados de avaliação de riscos do ciclo de vida das nanotecnologias. Frente aos inúmeros questionamentos, evidencia-se em contrapartida, pouca atividade e investimentos destinados à pesquisa sobre aspectos éticos, ambientais e inerentes à saúde e à segurança em particular, ao longo de todo o ciclo de vida das aplicações científicas, humanas e não-humanas⁸⁷⁷.

Com isso, pode-se dizer que os produtos nanotecnológicos não sendo satisfatoriamente descritos e observados para uma classificação de riscos e do que possa ser considerado potencialmente poluidor, projeta uma indefinição descrita pela problemática ambiental⁸⁷⁸, o que não afasta a possibilidade de que o Direito dispense a visão fragmentada e disciplinar da ciência de impacto e procure por meio de uma visão transdisciplinar e panorâmica da complexidade inovar e se desapegar do positivismo legalista para criar condições de respostas as demandas (nano)tecnológicas⁸⁷⁹. O panorama contemporâneo fomenta essa mudança de paradigmas, para que haja umas “reformas no Estado, incorporando normas no comportamento econômico e produzindo técnicas para controlar os efeitos contaminantes, com o propósito de dissolver as externalidades sociais e ecológicas geradas pela racionalidade do capital”⁸⁸⁰.

Diante do paradoxo global pós-moderno⁸⁸¹, a observação da operacionalidade dos sistemas e dos dispositivos do Direito para sua auto-simplificação⁸⁸² permite o diálogo multidisciplinar para construção de um horizonte de comunicação que engendre uma ação voltada a instrumentalizar e promover a efetividade de solução e percepção responsável e sustentável dos riscos na liberação, uso e o descarte adequado dos produtos nanos⁸⁸³, fazendo

⁸⁷⁷ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, Sevilla, v. 33, p. 173, 2015.

⁸⁷⁸ Nesse ponto, importante destacar que a “problemática ambiental questiona os processos econômicos e tecnológicos que estão sujeitos à lógica de mercado, resultando em degradação do ambiente e prejudicando a qualidade de vida”. LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. p. 29.

⁸⁷⁹ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁸⁸⁰ LEITE, op. cit., p. 29.

⁸⁸¹ “Este paradoxo, gerado pela separação entre progresso técnico e quadro simbólico, leva a que, no momento em que as consequências da nossa ação apelam, a partir de agora, a uma responsabilidade alargada à escala universal, falte precisamente o quadro de pensamento ético-político que permitiria estabelecê-la”. OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 307.

⁸⁸² MAGALHÃES, Juliana Neuenschwander. O uso criativo dos paradoxos do direito: a aplicação dos princípios gerais do direito pela corte de justiça europeia. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. p. 287-288.

⁸⁸³ Em nota, a o EEB [Escritório Europeu do Meio Ambiente] revela a preocupação sobre a potencialização da degradação ambiental pelo descarte de produtos nanos sem o correspondente controle, considera em sua análise que “95% das nanopartículas utilizadas em cosméticos, pinturas e revestimentos, poderão se misturar na água usada, e mesmo se esconder ou incinerar, nos nanotubos de carbono – cuja produção, em 2007-2008, foi calculada em 350 toneladas – são suscetíveis de permanecer intactos e de se dispersar no ar ou no

frente a “oferta de recursos, assimilação de resíduos e disponibilização dos serviços ambientais”⁸⁸⁴, apontados como diagnóstico da crise ambiental⁸⁸⁵ que por via reflexa afeta a qualidade de vida e saúde humana⁸⁸⁶.

O quadro anunciado pela Rio-92 evidencia e reforça a responsabilidade pelo estilo de vida e prática do consumo contemporâneo⁸⁸⁷, momento que coincide com a “tendência de mudança paradigmática do princípio que estrutura e organiza a sociedade”⁸⁸⁸. Com efeito, a “observação da policontextualidade social e suas diversas equivalentes funcionais e descrições para a solução de problemas cada vez mais pluriformes”⁸⁸⁹, revela a dificuldade de “comunicação ecológica”⁸⁹⁰ com o sistema político⁸⁹¹, econômico e social⁸⁹². Nesse sentido

ambiente”. Lembrou também “que, em seu tempo, o amianto e o DDT também eram adornados com todas as virtudes, antes de causarem os estragos que conhecemos”. O EEB, reconhecendo o avanço e o importante papel que as nanotecnologias exercerão sobre a sociedade contemporânea, lança mão de um importante questionamento: “Como estar seguro de que tecnologia utilizada é não apenas eficaz, mas também menos tóxica que os poluentes que ela supõe limpar? As nanopartículas utilizadas para filtrar os poluentes acabarão na cadeia alimentar, ajudarão a degradar os solos, a provocar doenças vegetais e a contaminar os solos agrícolas?”. NANOTECNOLOGIAS: o ponto de vista ambiental. *EcoDebate*: cidadania e meio ambiente, Mangaratiba, 29 out. 2009 Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2009/10/29/nanotecnologias-o-ponto-de-vista-ambiental-3/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁸⁴ LEITE, José Rubens Morato. *Dano Ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. p. 29.

⁸⁸⁵ “A natureza reage com perturbações climáticas com consequências humanas imprevisíveis, exaustão de combustíveis fósseis, rarefação e contaminação das fontes de renovação da vida e da água, acúmulo de poluição e moléculas químicas e dejetos tóxicos prejudiciais à saúde, diminuição da fertilidade das terras, dos rios e dos oceanos que nutrem a terra. Essa crise é consequência direta de nosso comportamento e modos de produção de consumo”. DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias* São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 71.

⁸⁸⁶ O Estado de bem-estar marginalizou a questão social ambiental, pois, dirigido por políticas de pleno emprego e de maximização da utilização dos fatores da produção, ignorou e deixou de desenhar uma política ambiental com vistas à melhor qualidade de vida. LEITE, op. cit., p. 28.

⁸⁸⁷ Padrão também considerado insustentável uma vez que provoca o agravamento da pobreza e de desequilíbrios nos padrões mundiais de consumo e produção. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. p. 1. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁸⁸ PORTILHO, Fátima. Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, 2005. Edição Temática. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cebape/v3n3/v3n3a05>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁸⁹ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 59.

⁸⁹⁰ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 11, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁹¹ A título exemplificativo, o EEB (Escritório Europeu do Meio Ambiente) em conjunto com o IPEN (Rede Internacional para a Eliminação dos Poluentes Orgânicos Persistentes), observa que “no momento, a grande maioria dos fundos de pesquisa em nanotecnologias na União Europeia se concentra essencialmente sobre o desenvolvimento tecnológico, centrado sobre o melhoramento da competitividade e do crescimento”, em razão dessa tendência focada no sistema econômico, “o EEB reclama prioridade da Comissão para o Financiamento de Pesquisas sobre os eventuais impactos sobre os sistemas humanos e naturais”. NANOTECNOLOGIAS... op. cit.

⁸⁹² Os estudos conjuntos do EEB e IPEN concluem e destacam “a falta de visão política e social do debate sobre as nanotecnologias tal como se desenrolou no momento: ‘a nanotecnologia é a última inovação tecnológica que nos promete curar numerosos males humanos e ambientais. Ao se focalizar sobre a nanotecnologia de

“a sua efetividade regulatória parece questionável diante da complexidade e incerteza apresentada pelos problemas ambientais”⁸⁹³. Trata-se, portanto, de uma tarefa hercúlea manter aceso o questionamento sobre a problemática do resíduo nanotecnológico⁸⁹⁴.

Diante desse cenário, os “chamados novos Direitos exigem igualmente novas formas de observação/operacionalização dos sentidos na sociedade”⁸⁹⁵ como reação “às ressonâncias e alterações estruturais desencadeadas pela Sociedade de Risco”⁸⁹⁶. Considerando-se o modo de produção dominante e o mercado em relação as obsolescências das novas (nano)tecnologias, será necessário o estudo sistemático dos nanomateriais para cada produto lançado e ou monitoramento de seu ciclo de vida até a destinação final (manejo dos resíduos) de modo a atestar eventuais efeitos nocivos a saúde humana e ambiental⁸⁹⁷.

A porta para estabelecer elementos de conexão com as alternativas sustentáveis, novos contornos e formas de compreensão e aplicação do(na) direito⁸⁹⁸ - que avalia os riscos e as consequências e depois decide (gerenciamento do risco) - deve estar ancorada na aproximação das diferentes áreas do conhecimento, segundo as limitações desenhadas pela conjugação dos princípios da prevenção, precaução e informação e fazendo uso dos instrumentos e ferramentas normativo-ambiental disponíveis, de modo que preencha a lacuna aberta pelas

maneira isolada, é grande o risco de se interessar apenas pelos impactos tecnológicos’: ‘A nanotecnologia, assim como a biotecnologia, vai além do nosso conhecimento dos sistemas e ciclos naturais, e nossa capacidade de vigiar e controlar os seus efeitos negativos não desejados. Sem uma análise dos riscos e ciclos de vida capaz de contrabalançar a comercialização de produtos de alto risco que ainda não demonstraram seu interesse social, os custos ambientais poderão se comprovar elevadíssimos, e a tecnologia em seu conjunto ser rejeitada pelo grande público. Isso só pode trazer confusões sociais na medida em que o público não é capaz de participar do processo de decisão social, por não compreender os defensores e críticos da discussão, e sua confiança nos poderes públicos e empresas privadas só pode ficar abalada. As nanotecnologias são um exemplo de resposta tecnológica a problemas que requerem, na realidade, respostas sociais, econômicas e/ou políticas’”. NANOTEKNOLOGIAS: o ponto de vista ambiental. *EcoDebate*: cidadania e meio ambiente, Mangaratiba, 29 out. 2009 Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2009/10/29/nanotecnologias-o-ponto-de-vista-ambiental-3/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁹³ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência*: Estudos Jurídicos e Políticos, Florianópolis, n. 53, p. 11, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁸⁹⁴ A temática dos resíduos nanotecnológicos vem sendo abordada em estudos desde 2006, quando o Project on Emerging Nanotechnologies (PEN), uma Fundação norte-americana que quer contribuir para uma maior transparência em matéria de nanotecnologias, estimou que mais de 58.000 toneladas de nanomateriais deverão ser produzidos entre 2011 e 2020, e que seu impacto ecológico poderá ser equivalente ao de entre 5 milhões e 50 bilhões de toneladas de materiais convencionais. NANOTEKNOLOGIAS..., op. cit.

⁸⁹⁵ ROCHA; CARVALHO, op. cit., p. 11.

⁸⁹⁶ *Ibid.*, p. 20.

⁸⁹⁷ DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 73.

⁸⁹⁸ ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010. p. 20.

demandas dos produtos nanotecnológicos⁸⁹⁹ e desenhe a linha condutora dos marcos regulatórios⁹⁰⁰. Portanto, os princípios serão imprescindíveis para a racionalização das incertezas e para os processos de tomada de decisões jurídicas⁹⁰¹.

A instrumentalização da logística reversa pelo emprego do fluxo reverso para produtos nanotecnológicos tendo como base o princípio da prevenção, precaução e informação, serve de exemplo, pois na prática tem sido percebida como uma potencial fonte de vantagem competitiva estratégica, com ampla diversidade de aplicações e em constante processo de adaptação promove o aprendizado a respeito da eficiência e interconexão entre ecossistemas – sejam eles industriais ou naturais⁹⁰², com isso, promove a obtenção de resultados positivos de comunicação⁹⁰³, provocado pela ressonância ecológica no sistema do direito⁹⁰⁴, resultado da operação e capacidade de auto-observação e diferenciação funcional⁹⁰⁵. Assim como no período pós-guerra⁹⁰⁶, a logística permite avanços fornecendo subsídios para um programa de decisão alicerçado nos princípios ambientais mais relevantes⁹⁰⁷, conseqüentemente, dinamiza e conduz a evolução do sistema social.

⁸⁹⁹ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁹⁰⁰ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 131-132.

⁹⁰¹ HOHENDORFF; ENGELMANN, op. cit.

⁹⁰² XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 06-08.

⁹⁰³ “Una comunicación ecológica, aplicada a la sociedad, permitiría reducir el riesgo mediante el principio de binariedad la observación de segundo grado. Los sistemas autopoyéticos resultan así sistemas autorreferenciales”. DOBON, Francesc Jesús Hernández i. *Educación y sociedad de riesgo: Curso de sociología de la educación en la universidad de la habana*. Cuba, 2014. p. 56. Disponível em: <<http://supervivir.org/archi01/riesgos.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁰⁴ Nesse sentido, projetos como o da PEN - Project on Emerging Nanotechnologies, sobre Nanotecnologias emergentes colabora com pesquisadores, governo, indústria, ONGs, políticos e outros a olhar a longo prazo, fomentam a comunicação dos sistemas, pois fomentam o diálogo e irritação dos sistemas, que a longo prazo auxilia na “identificação das lacunas nos processos de conhecimento e regulamentares, e desenvolver estratégias para fechá-los”. Além disso, fornece “conhecimento objetivo independente e análise que pode informar as decisões críticas que afetam o desenvolvimento e comercialização de nanotecnologias”, da mesma forma que a logística reversa pode vir a se tornar um contributo para o desenvolvimento das nanotecnologias assegurando a antecipação ou mitigação dos riscos de danos ambientais e humanos, em conformidade com os princípios constitucionais da prevenção e precaução. Dessa forma, promovendo acoplamentos estruturais e evolução do sistema operativamente fechados. PROJECT ON EMERGING NANOTECHNOLOGIES (PEN). *Mission*. Washington, 2015. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/about/mission/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹⁰⁵ MAGALHÃES, Juliana Neuenschwander. O uso criativo dos paradoxos do direito: a aplicação dos princípios gerais do direito pela corte de justiça europeia. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. p. 290.

⁹⁰⁶ Período em que o desenvolvimento da logística passou a ser otimizada para extrair maior eficácia e eficiência nos movimentos de equipamentos e suprimentos para as operações militares. XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 04.

⁹⁰⁷ “Entre os princípios relevantes para decisões de direitos fundamentais não se encontram somente princípios que se refiram a direitos individuais, isto é, que conferem direitos fundamentais *prima facie*, mas também

Dado a natureza dos princípios, “implica a máxima da proporcionalidade, e essa implica aquela”⁹⁰⁸, Sendo assim, a logística reversa, apresenta-se como uma ferramenta estratégica – elo ou conexão entre adequação e necessidade - voltado para um programa de análise, percepção, avaliação e gerenciamento dos potenciais riscos da produção de manufaturados nanotecnológicos⁹⁰⁹, comprometida com a sustentabilidade e focada na responsabilidade pós-consumo⁹¹⁰, ancorada na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos⁹¹¹, vínculo criado a partir da ideia entre um comportamento, previsão da potencialidade e probabilidade de seus efeitos futuros⁹¹². Sendo assim, a logística permite avançar com responsabilidade na busca de “um saber que ilumine as consequências deliberadas da ação humana”⁹¹³, pois a “amplitude dos meios aplicados é tal, assim como a gravidade dos riscos que gera a atividade, que o agente não pode mais ficar indiferente à possibilidade da sua ocorrência”⁹¹⁴.

Um conjunto de medidas adotadas a partir da logística reversa pode abrir um cenário de possibilidades para melhor gerir os riscos nanotecnológicos, “compreender os fundamentos

aqueles que têm como objeto interesses coletivos e que podem ser utilizados sobretudo como razões contrárias a direitos fundamentais *prima facie*, embora possam ser também utilizados como razões favoráveis a eles”. ALEXY, Robert. *Teoria dos direitos fundamentais*. São Paulo: Malheiros, 2011. p. 136.

⁹⁰⁸ Significa que “a proporcionalidade, com suas três máximas parciais da adequação, da necessidade (mandamento do meio menos gravoso) e da proporcionalidade em sentido estrito (mandamento do sopesamento propriamente dito), decorre logicamente da natureza dos princípios, ou seja, que a proporcionalidade é deduzível dessa natureza”. *Ibid.*, p. 116-117.

⁹⁰⁹ Em razão da falta de conhecimento sobre o ciclo de vida das nanopartículas e da sua suscetibilidade de dispersão no solo, água e ar, o EEB [Escritório Europeu do Meio Ambiente] questiona de que forma as nanopartículas que se aglomeram no meio ambiente, pode ser reciclada. Isso revela a emergente necessidade de observação do comportamento (interação, reação e produção de novas estruturas) das nanopartículas quando dispersas no meio ambiente. NANOTECNOLOGIAS: o ponto de vista ambiental. *EcoDebate: cidadania e meio ambiente*, Mangaratiba, 29 out. 2009Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2009/10/29/nanotecnologias-o-ponto-de-vista-ambiental-3/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹¹⁰ Na esteira da responsabilização pós consumo existe a tendência natural da instituição de uma responsabilidade compartilhada entre os produtores de resíduos sólidos, dentre eles: “fabricantes e importadores, distribuidores e comerciantes, titulares de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos e o próprio consumidor, que tem papel fundamental para o sucesso da gestão de resíduos no Brasil”. LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. *Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012. p. 13.

⁹¹¹ Vale destacar o Art. 6º da Lei 12.035/2010, considera como princípios básicos na gestão dos resíduos sólidos, a prevenção e precaução, bem como uma visão sistêmica que considere as variáveis ambientais, o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, para citar somente alguns. 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹¹² OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 308-309.

⁹¹³ DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 69.

⁹¹⁴ OST, op. cit., p. 309.

das interações entre as nanopartículas e sistemas vivos (células e organismos)”⁹¹⁵, bem como criar mecanismos de aperfeiçoamento do sistema de regulação dos riscos apto a minimizar ou neutralizar a potencialidade de desastres, na medida que inexiste certeza científica em relação aos potenciais efeitos toxicológicos produzidos pela atividade de pesquisa, produção e consumo de partículas nanoengenheiradas⁹¹⁶ - por mais que alguns pesquisadores já tenham sinalizado resultados nocivos para determinados nanomateriais -, portanto, a “formatação do mundo nanotecnológico gera riscos inusitados, desafiando o conhecimento científico a trabalhar em duas frentes: a criação do novo e a gestão do risco (em grande parte desconhecido) que este novo provocará”⁹¹⁷.

O monitoramento e o rastreamento dos produtos de origem nano⁹¹⁸ por meio do recurso da logística reversa proporciona uma observação transdisciplinar e uma investigação a fim de que os perigos possam ser detectados com antecedência⁹¹⁹, gerando-se percepções e dados mais sólidos em relação a função de cada tipo e função de nanopartícula, propriedade, rotas de exposição, toxicidade e avaliação do seu ciclo de vida, buscando-se determinar causa-efeito⁹²⁰, produzindo assim um acúmulo de

⁹¹⁵ MURPHY, Cathy. *Nano in the movies*. [S.l.], Feb. 12, 2015. Disponível em: <<http://sustainable-nano.com/2015/02/12/nano-movies/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹¹⁶ Partículas nanoengenheiradas são aquelas que já sofreram alguma intervenção humana, ou seja, é material construído na escala nanométrica, por meio delas se aumenta a superfície de reatividade, quando comparado com material em escala macro, dada a maior concentração de partículas na superfície. ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 305.

⁹¹⁷ Ibid., p. 304-305.

⁹¹⁸ A título de exemplo pode-se citar a aplicação de nanopartículas em nanochips, sendo que “o problema com os nanochips pode surgir ao jogá-los no meio ambiente, porque, ao se decomporem, podem ficar dispersos no meio ambiente. Geralmente esses produtos estão combinados com outros metais pesados. Então, na hora do descarte, há uma combinação tanto dos metais pesados quanto das nanopartículas, as quais têm uma capacidade maior de penetrar nas células do que se fosse um produto em escala maior”. NANOTECNOLOGIA e segurança do trabalho: impactos toxicológicos e psicológicos. Entrevista especial com Arline Arcuri. [22 out. 2014]. *Instituto Humanitas Unisinos*, São Leopoldo, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/536582-nanotecnologia-e-seguranca-do-trabalho-impactos-toxicologicos-e-psicologicos-entrevista-especial-com-arline-arcuri>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹¹⁹ O maior problema relacionado a criação de riscos ambientais e humanos está ligado a ideia de produção e industrialização de produtos de consumo sem as devidas observâncias de gestão de riscos e controles estatais por meio de suas agências reguladoras, pois inexiste qualquer regulação e controle para o desenvolvimento e aplicação das nanotecnologias, os produtos estão sendo lançados e intitulados como inovação sem qualquer tipo de estudo aprofundado sobre os possíveis impactos e efeitos toxicológicos. Uma coisa é certa, a “pesquisa com nanopartículas é muito complexa. Cada tipo de nanopartícula tem uma toxicidade e um comportamento diferentes, inclusive ao utilizar um mesmo produto químico”. Isso ainda dependerá de como os nanoproductos são desenvolvidos, pois o “o produto pode ter comportamentos diferentes no organismo humano: tanto para o bem quanto para o mal”. Ou seja, existem diversos tipos de nanopartículas e a forma de sua interação, reação e comportamento com o meio ambiente e o corpo humano ainda são um grande mistério para a ciência e o homem. Ibid.

⁹²⁰ Na avaliação de Engelman: “Não se poderá avançar apenas para atender aos reclamos econômicos, que são muito atraentes. É necessário avaliar, no mesmo nível de interesse, todas as prováveis situações desastrosas e de perigo para o gênero humano”, o que inclui a análise e avaliação por exemplo da produção e aumento dos

informações (base de dados) voltadas para a probabilidade/improbabilidade da relação causa-efeito de possíveis danos oriundos dos produtos nanos⁹²¹. A visão transdisciplinar pela perspectiva gerencial abrange uma logística verde e o gerenciamento do ciclo de vida dos produtos.

[...] Deve focar a minimização dos rejeitos e dos impactos negativos e a maximização dos impactos positivos, sejam ambientais, sociais ou econômicos. Este processo incorpora as atividades operacionais, de gestão e de apoio que, de forma integrada e envolvendo os diversos atores, planejem e viabilizem a implementação das soluções mais adequadas para os resíduos⁹²².

Na prática possibilita uma comunicação dos potenciais riscos de produtos e processos reduzindo as incertezas e aumentando a eficiência da gestão dos riscos nanotecnológicos, consequentemente criando condições para a (re)adaptação das normas jurídicas existentes a medida que o processo de gestão reúna as informações produzidas pelas diversas áreas do conhecimento e pelos setores que desenvolvem produtos nanotecnológicos.

Como de fato a sustentabilidade é delineada pela priorização do uso de recursos renováveis e na reciclagem dos resíduos, subprodutos, matérias secundárias e coprodutos, há que se pensar nos meios e contornos para mitigação ou redução dos possíveis impactos negativos dos produtos nanotecnológicos nas fases de consumo e pós-consumo, compreendendo o projeto e o desenvolvimento do produto a partir de uma pressão de gestão dos riscos, adequando os produtos aos requisitos legais de maneira flexível, ou seja, estabelecendo padrões norteados na prevenção, precaução e informação, com interface entre logística e meio ambiente, intermediada pelas considerações feitas ao longo do ciclo de vida dos processos e produtos, estabelecendo-se limites de produção de (nano)resíduos e adequando-se as necessidades de sustentabilidade ambiental e do negócio movimentado pelas nanotecnologias⁹²³.

resíduos sólidos oriundos do lixo nanoeletrônico. ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 129.

⁹²¹ Para um aprofundamento dos casos de intoxicação por nanopartículas (nanopatologia) consultar entrevista de Arline Arcuri. NANOTECNOLOGIA e segurança do trabalho: impactos toxicológicos e psicológicos”. Entrevista com Arline Arcuri. [22 out. 2014]. Instituto Humanitas UNISINOS, São Leopoldo, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/536582-nanotecnologia-e-seguranca-do-trabalho-impactos-toxicologicos-e-psicologicos-entrevista-especial-com-arline-arcuri>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹²² COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA, Ricardo Gabbay. O que é logística reversa. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 27.

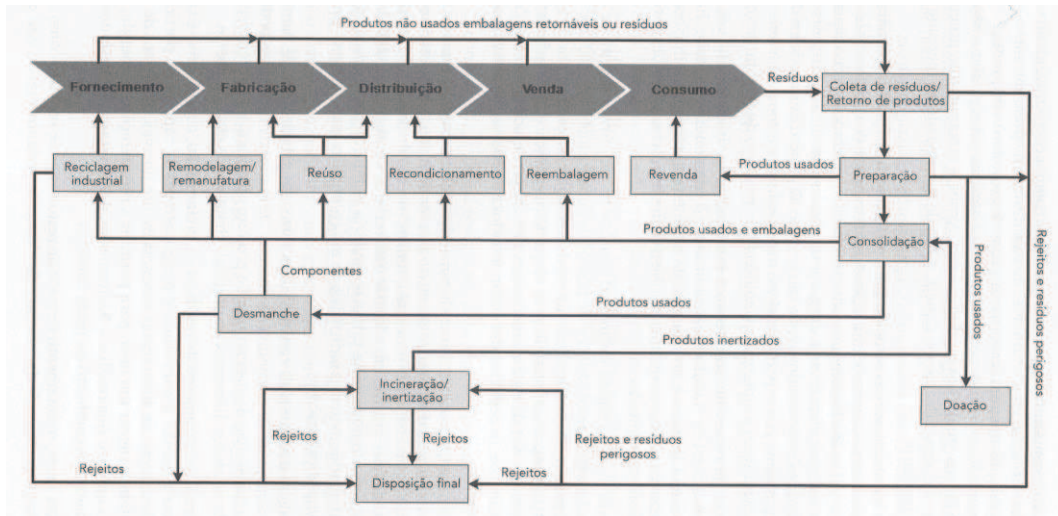
⁹²³ XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 09-17.

A gestão dos produtos nanotecnológicos por meio de canais ou fluxos reversos cumpre a função de compatibilizar a gestão e o desempenho ambiental, humano e produtivo, para o recolhimento de forma eficiente de (nano)materiais engenheirados e reinserção na cadeia produtiva, minorando o impacto em cada etapa da cadeia produtiva face a redução que se obtém na utilização das matérias-primas não renováveis, bem como da probabilidade de exposição humana a agentes nocivos. Significa também o correto manejo correto do resíduo nano (potencialmente perigoso) enquanto perdura uma incerteza de riscos, evitando assim qualquer interação descontrolada com o meio ambiente e a saúde humana. Entende-se que constitui uma ferramenta de apoio ao gerenciamento dos riscos na qual é possível: construir uma base de dados coletada do conjunto de informações reunidas pelos responsáveis pelo ciclo de vida do produto (responsabilidade compartilhada); planejamento, organização e compartilhamento de informações da base de dados entre os colaboradores e interessados; apontamento de possíveis perigos e ou soluções extraídas da análise do monitoramento ao longo do ciclo de vida dos produtos (Figura 5) e da avaliação ambiental para as partes interessadas; facilitação da compreensão e percepção pública sobre os produtos nanotecnológicos; fornecimento de subsídios para programas públicos de segurança e marcos regulatórios. Entretanto, para implementação eficaz, o gerenciamento dos riscos a partir do fluxo reverso deve ser internalizado e endossado de forma intersetoriais, afiançado pelo engajamento social e político para promoção dos princípios constitucionais estudados⁹²⁴, em sintonia com o princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento⁹²⁵.

⁹²⁴ Os princípios que deverão conduzir as nanotecnologias não se limitam tão somente aos abordados na presente pesquisa (prevenção, precaução e informação) como sendo os essenciais para o desenvolvimento do sistema jurídico, serão também ladeados pelos demais princípios constitucionais e ambientais dependendo da abordagem que se façam necessários.

⁹²⁵ Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

Figura 5 - Fluxo de materiais no processo geral da logística reversa



Fonte: Lourenço Costa, Fabrício Molica de Mendonça e Ricardo Gabbay Souza⁹²⁶.

Algumas dessas percepções funcionam como condutoras para a produção de ruídos e irritações no interior dos sistemas⁹²⁷ e a partir dessa provocação, a probabilidade de relação e comunicação com outros sistemas por meio de acoplamentos estruturais⁹²⁸, “sempre preservando o fechamento operacional e a autopoiesis. A combinação dos conceitos de irritação externa e de seleção interna abre possibilidades teóricas únicas para a teoria dos sistemas”⁹²⁹ e a concretização ulterior de regulação da produção de riscos (nano)tecnológicos.

Para compreender tal função exercida pela Constituição, como instrumento comunicacional integrador intersistêmico, deve-se, primeiramente, compreender que os sistemas sociais (Direito, Política, Ciência e Economia) encontram-se organizados reflexivamente. Isto quer dizer que os sistemas sociais operam num fechamento operacional, no qual seus elementos (comunicação) são auto-reproduzidos segundo sua racionalidade e codificação específica. Portanto, são impossíveis relações de interferência direta (input e output) entre estes sistemas, segundo uma lógica causal em

⁹²⁶ COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA, Ricardo Gabbay. O que é logística reversa. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 29.

⁹²⁷ Os sistemas encontram-se operativamente fechados e cognitivamente abertos, havendo, contudo, diferenças na intensidade de cada sistema na operacionalização desta dúlice racionalidade. CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 124.

⁹²⁸ Nesse ponto cabe explicitar que o “acoplamento estrutural não determina a partir de fora o que acontece nos sistemas relacionados, mas tais sistemas podem irritar reciprocamente cada um dos sistemas envolvidos, de modo que tais irritações possam ser relacionadas, autorreferencialmente, como elementos inovadores na rede de processos autopoieticos própria. [...] Não se pode considerar tais acoplamentos como planejamento entre os sistemas envolvidos ou como uma fusão estruturante entre eles: tais sistemas permanecem fechados sob sua própria estrutura”. RODRIGUES, Leo Peixoto; NEVES, Fabrício Monteiro. *Niklas Luhmann: a sociedade como sistema*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. p. 93-96.

⁹²⁹ *Ibid.*, p. 93.

que um sistema pudesse, a partir de sua lógica e ação, obter uma resposta desejada em outro sistema social. A identidade sistêmica, oriunda do seu fechamento operacional, no entanto, é a própria condição para que o sistema possa efetuar sua abertura cognitiva ao seu ambiente (dependência), o que se realiza por meio de acoplamentos estruturais entre sistema e ambiente⁹³⁰.

Volta-se, então, a assimilação dos riscos e “situações sociais de ameaça”⁹³¹, produzidos pela exploração da nanotecnologia no mercado⁹³². Como resultado da auto-observação corretora⁹³³, captados e incorporados a partir do manejo dos princípios constitucionais (prevenção, precaução e informação) e ferramentas estratégicas para a formação de programas de decisões (gestão de riscos pela logística reversa)⁹³⁴, estabelece-se uma necessária adequação entre fim e meio, até mesmo porque não há fuga dos efeitos, pois, “cedo ou tarde acabam alçando aqueles que os produziram ou que lucram com ele”⁹³⁵. “Nessa direção, a abordagem de processos propicia uma visão clara das etapas dos sistemas de produção, distribuição e vendas onde os resíduos são produzidos. Isso permite que tais resíduos sejam identificados e que se possa planejar a forma adequada de tratá-los”⁹³⁶. Em outras palavras os esforços devem ser empreendidos e apropriados para (re)avaliação dos riscos a partir da lógica de fazer mais, antecipando-se as ocorrências por meio de escolhas alternativas que comportem um menor grau de risco segundo uma abordagem precaucional, incorporada por seis componentes a saber:

⁹³⁰ CARVALHO, Délton Winter de. Regulação constitucional e risco ambiental. *Revista Brasileira de Direito Constitucional - RBDC*, São Paulo, n. 12, p. 25, jul./dez. 2008.

⁹³¹ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 27.

⁹³² Em entrevista concedida por Arline Arcure, pesquisadora especialista em nanotecnologia, saúde e segurança do trabalho, da FUNDACENTRO, instituição ligada ao Ministério do Trabalho, em face de sua participação no XIV Simpósio Internacional IHU: Revoluções tecnocientíficas, culturas, indivíduos e sociedades, realizado em outubro de 2014 na Unisinos, ela alerta para o fato de “não existir “uma regulamentação no âmbito da Anvisa que exija que se coloque no registro do produto a forma como ele foi produzido: se existe nanopartícula disponibilizada no meio ambiente” ou na saúde humana. Na mesma oportunidade destacou que o Brasil está para se agregar a um projeto da União Europeia chamado Nano Rec, que trata da regulamentação em nanotecnologia. Esse programa visa colocar produtos no mercado que não tenham toxicidade e impactos para o meio ambiente. NANOTECNOLOGIA e segurança do trabalho: impactos toxicológicos e psicológicos. Entrevista com Arline Arcuri. [22 out. 2014]. *Instituto Humanitas UNISINOS*, São Leopoldo, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/536582-nanotecnologia-e-seguranca-do-trabalho-impactos-toxicologicos-e-psicologicos-entrevista-especial-com-arline-arcuri>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹³³ “Luhmann ha acuñado el concepto «comunicación ecológica», que, aplicado a la sociedad, supondría un refinamiento «tecnológico» que, al menos, precisaría la adopción de un principio de binariedad - al que se ajustan, p. ej., los sistemas informáticos - y, por otro lado, practicar la autoobservación correctora, una observación de la observación y observación de segundo grado”. DOBON, Francesc Jesús Hernández i. *Educación y sociedad de riesgo: Curso de sociología de la educación en la universidad de la habana*. Cuba, 2014. p. 60. Disponível em: <<http://supervivir.org/archi01/riesgos.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹³⁴ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 20, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015

⁹³⁵ BECK, op. cit., p. 27.

⁹³⁶ COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA, Ricardo Gabbay. O que é logística reversa. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 31.

[...] ações de prevenção que devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito, definição de objetivos, procura e avaliação de alternativas, os proponentes das novas tecnologias devem arcar com as responsabilidades financeiras e as provas de segurança dos novos materiais; o dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir e o fomento de desenvolvimento completo de métodos e critérios de decisão mais democráticos⁹³⁷.

Isso revela, a exemplo do que já vem ocorrendo pela jurisprudência em matéria ambiental, inclusive tendo ecoado no sistema político⁹³⁸ com a proposição do projeto de lei nº 6741 de 2013⁹³⁹, que “não se trata mais da produção de coisas, mas de interagir e intervir também no ciclo da vida”⁹⁴⁰. Essa “complementação do nível de regras com um nível dos princípios é necessária exatamente para garantir a vinculação à Constituição”⁹⁴¹, conferindo uma maior segurança jurídica⁹⁴².

Essa tendência vem tomando corpo. Nesse sentido, os progressos coordenados pela Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) publicou em junho de 2014 um documento onde apresenta uma visão geral dos progressos realizados na implantação e coordenação das estratégias de investigação no âmbito da gestão Ambiental, de saúde e segurança (EHS - Environmental, health and safety), por meio do uso de várias ferramentas de avaliação para entender o status atual de EHS relacionadas com as nanotecnologias (nanoEHS). Relatam importantes pontos para implementação estratégica de investigação no âmbito da Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) e gestão Ambiental, de saúde e segurança (EHS) 2011. Estes exemplos, descritos neste documento, demonstram a amplitude das atividades em todas

⁹³⁷ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁹³⁸ “En ese marco conceptual, pues, la conducta del sistema político es particularmente relevante en relación con los riesgos, tanto como expresión sectorial del funcionamiento general, cuanto como respuesta «tecnológica» específica. Una política binaria y autoobservada sintetiza e sa tecnología de la comunicación”. DOBON, Francesc Jesús Hernández i. *Educación y sociedad de riesgo: Curso de sociología de la educación en la universidad de la habana*. Cuba, 2014. p. 60. Disponível em: <<http://supervivir.org/archi01/riesgos.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹³⁹ SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei n.º 6.741, 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=661A6CD906BCECE2846445F7E47A1C01.node2?codteor=1201083&filename=Avulso+-PL+6741/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹⁴⁰ ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011. p. 306.

⁹⁴¹ ALEXY, Robert. *Teoria dos direitos fundamentais*. São Paulo: Malheiros, 2011. p. 116-117.

⁹⁴² Considerando-se um programa de decisão para as questões que envolvem as novas (nano)tecnologias consubstanciado nos princípios ambientais e nas ferramentas estratégicas como aporte para sua regulação enquanto perdura a ausência de legislação específica, considera-se que a “segurança jurídica que pode ser criada no nível das regras tem como base não somente a exigência elementar de respeito ao teor literal do texto constitucional e à vontade do legislador constituinte, mas sobretudo também a força dos precedentes do Tribunal Constitucional Federal”, tendência que vem alcançando também os tribunais do Brasil. *Ibid.*, p. 179.

as áreas de investigação de seis Estratégia centrais da pesquisa NNI 2011 EHS: nanomaterial, infraestrutura de medição, avaliação da exposição humana, na saúde, meio ambiente, avaliação de riscos e métodos de gestão de risco, e informática e modelagem. No geral, a coordenação e implementação da Estratégia NNI 2011 EHS através das agências da Rede de Excelência em Inovação em Saúde (Network for Excellence in Health Innovation - NEHI) permitiu: 1 - Desenvolvimento de ferramentas abrangentes de medição, que consideram os ciclos de vida dos nanomateriais artificiais (ENMs) em vários meios de comunicação; 2 - Recolha de dados avaliação da exposição e recursos para informar as estratégias de controle de exposição no local de trabalho para as classes principais de ENMs; 3 - Uma melhor compreensão dos modos de interação entre ENMs e sistemas fisiológicos relevantes para a biologia humana; 4 - Melhor avaliação dos transportes e transformações de ENMs em vários meios ambientais, sistemas biológicos, e ao longo dos ciclos de vida completos; 5 - Desenvolvimento de princípios para estabelecer práticas de avaliação de risco e gestão de risco robustos para ENMs e produtos habilitados para que incorporam nanotecnologia ENMs, bem como abordagens para identificar, caracterizar e comunicar os riscos para todos os intervenientes; e 6 - A coordenação dos esforços para melhorar a qualidade dos dados, modelagem e recursos de simulação para a nanotecnologia, para a construção de uma infraestrutura de nanoinformática colaborativa. Além disso, este documento aborda os esforços mais amplos do Grupo de Trabalho do NEHI em coordenação, implementação e alcance social em nanoEHS, conforme identificado na Estratégia de Investigação NNI EHS 2011. Como as agências NNI sustentam um orçamento robusto para a pesquisa EHS, agências federais continuarão a investir em ferramentas e compartilhar informações essenciais para avaliar e gerir os riscos potenciais de ENMs atuais e previstas e produtos habilitados para nanotecnologia em todo seu ciclo de vida. As agências continuarão também a se envolver com a comunidade de partes interessadas para estabelecer uma ampla base de conhecimento EHS em apoio à tomada de decisões regulatórias e desenvolvimento responsável de nanotecnologias⁹⁴³.

Deste modo, a patente necessidade do Direito construir instrumentos jurídicos aptos a responder as demandas dos efeitos e impactos sociais, ambientais e econômicos das (nano)tecnologias aplicadas, da pesquisa, produção e rejeitos é legítima, já que “a norma deve incidir sobre realidades factuais e se localizam na fronteira da investigação científica e, por

⁹⁴³ PROGRESS review on the coordinated implementation of the national nanotechnology initiative 2011 environmental, health, and safety research strategy. *National Nanotechnology Initiative*. [S.l.] 25 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1157>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

isso, nem sempre a ciência pode oferecer ao Direito a tranquilidade da certeza”⁹⁴⁴. Como se observa, “justamente porque el sistema es operativamente cerrado, se abre a los estímulos que provienen del entorno que, sin embargo, sólo pueden ser trabajados internamente, es decir, sólo políticamente. En consecuencia, las irritaciones por el entorno”⁹⁴⁵, mantendo sua capacidade cognitiva aberta para observação dos demais sistemas de forma a legitimar as inovações e absorver as consequências⁹⁴⁶, bem como construir programas de decisão e estruturas necessárias para provocar a ressonância necessária às irritações decorrentes das nanotecnologias⁹⁴⁷.

Dessa forma, “há posibilidades de influir no sistema, desde que não atente contra a autopoiesis”⁹⁴⁸. Cria-se condições de reação as irritações e estímulos quando presente alto padrões seletivos, vindo a reagir quando consegue processar uma informação e converte-la em estruturas⁹⁴⁹, existe, portanto, uma “elevada capacidade de avaliação, a partir da seleção da própria irritabilidade de que o sistema dispõe”⁹⁵⁰, desde que haja uma articulação da comunicação com outro sistema, coordenada e abastecida de irritações pelo acoplamento estrutural que crie ressonâncias no sistema, resultando assim no aumento da complexidade da operação⁹⁵¹. Assim, a ordem pública pode ser parte ativa⁹⁵², “abrindo caminho para outros modos comportamentais”⁹⁵³, envolvendo e responsabilizando os atores⁹⁵⁴ sociais beneficiados

⁹⁴⁴ ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumens Juris, 2010. p. 28.

⁹⁴⁵ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992. p. 211.

⁹⁴⁶ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 125-126.

⁹⁴⁷ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 12, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁴⁸ LUHMANN, Niklas. *Introdução à teoria dos sistemas*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. p. 132.

⁹⁴⁹ *Ibid.*, p. 132.

⁹⁵⁰ *Ibid.*, p. 133.

⁹⁵¹ *Ibid.*, p. 133-137.

⁹⁵² Nesse sentido, Rocha e Carvalho mencionam que o “Estado não pode se abster de tomar decisões mesmo diante do não conhecimento pleno das cadeias causais (comum em questões ecológicas, lembrando que a Ecologia consiste na ciência da complexidade). O Estado Ambiental deve agir mesmo num contexto de grande incerteza, seja através da promulgação de leis ou da emissão de atos normativos, acerca dos quais não se tem como avaliar sua real eficácia [...]. ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 21, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁵³ LUHMANN, Niklas. *Sociologia do direito I*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1983. p. 13.

⁹⁵⁴ Segundo DUPAS, os atores globais podem ser agrupados em três áreas principais (além dos grupos e subgrupos): “a área do capital (atores da economia global, incluindo corporações, sistema financeiro, associações empresariais, acionistas); a área da sociedade civil (indivíduos e organizações sociais não governamentais); e a área do Estado (Executivo, Legislativo, Judiciário, partidos políticos e instituições internacionais)”. DUPAS, Gilberto. *Atores e poderes na nova ordem global: assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação*. São Paulo: Editora UNESP, 2005. p. 27.

ou não, mas que “constroem, na sociedade, os processos decisórios”⁹⁵⁵, renovando e permitindo que o direito possa desenhar, a partir da prevenção, precaução e informação, adequados rumos para a racionalização das incertezas demandadas pelas nanotecnologias, possibilitando a tomada de decisões sobre a produção do seu risco e fortalecendo as instituições do direito⁹⁵⁶.

Além disso, no processo de exploração do mercado nanotecnológico “não pode haver um afastamento da participação dos cidadãos da discussão e confecção das normas e regras ambientais, bem como dos procedimentos que envolvam interesses coletivos”⁹⁵⁷ voltados à saúde pública e segurança. Portanto, a “supervisão deve ser sempre transparente e oferecer acesso público à informação com respeito à tomada de decisões, aos testes de segurança e aos produtos”⁹⁵⁸, deve levar em conta que toda nova decisão pode afetar as futuras gerações com a distribuição de novos riscos (consequência da decisão)⁹⁵⁹.

A partir desse olhar, nota-se a relevância do princípio da informação, construtivo da ampla participação coletiva na construção do processo democrático⁹⁶⁰, pois só “podemos prevenir se o acesso à informação for garantido, exurgindo a Educação Ambiental como instrumento de conscientização”⁹⁶¹. Essa previsão restou reafirmada com a Rio+20, pelo testemunho e reconhecimento do progresso e mudanças ocorridas na ECO-92, tendo sido destacado a importância do acesso universal e da tecnologia de comunicação como agente facilitador para o compartilhamento das informações disponibilizadas pelos Governos à sociedade civil⁹⁶².

Ademais, a aceitação da hegemonia política se encontra determinada em grande medida pelo fato de prometer uma proteção contra os perigos⁹⁶³. Sendo assim, a informação⁹⁶⁴

⁹⁵⁵ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 37.

⁹⁵⁶ NONET, Philippe; SELZNICK, Philip. *Direito e sociedade: a transição ao sistema jurídico responsivo*. Rio de Janeiro: Revan, 2010. p. 151.

⁹⁵⁷ ROCHA; CARVALHO, op. cit., p. 21.

⁹⁵⁸ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁹⁵⁹ LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidad Iberoamericana, 1992. p. 147.

⁹⁶⁰ Nesse sentido resta consagrado no princípio nº 10 da ECO-92: “[...]. No nível nacional, cada indivíduo terá acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que disponham as autoridades públicas, inclusive informações acerca de materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos decisórios [...]”. NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁶¹ SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p. 61.

⁹⁶² ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *O futuro que queremos*. Rio de Janeiro, 10 jan. 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/esboco-zero/at_download/esboco-zero.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹⁶³ LUHMANN, op. cit., p. 149.

e a participação devem estar inseridas na agenda políticas voltadas as questões pautadas nos riscos tecnológicos, ambientais e de saúde pública por meio de uma gestão das informações. Na logística reversa, a gestão de informações está vinculada como fator estratégico, na medida que busca “obter o controle sobre as condições de resíduos de pós-consumo, materiais incorporados no resíduo, tipo de processos necessários para tomá-los de volta e volume de estoque de materiais disponíveis para serem recolhidos”⁹⁶⁵.

Ações comprometidas, responsáveis e focadas na participação, “viabilizada mediante o fornecimento de informações claras e seguras sobre o desenvolvimento das pesquisas, suas vantagens e riscos”⁹⁶⁶ das nanotecnologias, conduz a tomada de decisões coletivas, mediante “mandamentos de otimização”⁹⁶⁷. Desvela-se com isso novos métodos de pesquisa capazes de promover uma visão aberta e fornecer um aprofundamento sobre a análise, classificação e impactos-efeitos dessa nova tecnologia quando de sua interação com o ecossistema em sentido amplo, permitindo a construção de elementos que aproximem o desenvolvimento da técnica e a percepção de riscos, assim como a própria mitigação dos impactos desconhecidos pelo retorno dos produtos a sua origem, onde será definitivamente determinado sua destinação adequada. Como exemplo, Hohendorff e Engelmann apresentam o framework e a árvore de decisão⁹⁶⁸, desenvolvidos para fazer frente aos desafios da avaliação dos riscos das

⁹⁶⁴ Desde 2004 o tema sobre o debate público das nanotecnologias é considerado pelos especialistas de fundamental importância para o desenvolvimento de novos elementos para as pesquisas. Em entrevista ao IHU da unisinos Paulo Roberto Martins informa: “Essa problemática não é exclusividade nossa. O pesquisador inglês que estive conosco, o Dr. John Rayn, da Universidade de Oxford, nos retratou que, na Inglaterra, em pesquisas quantitativas que eles realizaram, detectaram que o grau das pessoas que tinham algum conhecimento sobre nanotecnologia, era de 29%. Na Inglaterra, 70% da população não tem nenhuma indicação do que seja isso. O não-conhecimento do público sobre a matéria é algo generalizado. Acontece na Europa, nos Estados Unidos e aqui. Para sustentar isso, há alguns mecanismos, alguns caminhos. E todos esses caminhos têm que ter a contribuição das Ciências Humanas.” O DEBATE na nanociência exige a definição de um projeto estratégico para o país. Entrevista com Paulo Roberto Martins. *IHU On-Line*, São Leopoldo, ano 4, n. 120, out. 2014. p. 9. Disponível em: <<http://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHUOnlineEdicao120.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁶⁵ COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA. Logística reversa segundo a visão de processos. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 44.

⁹⁶⁶ ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 131.

⁹⁶⁷ Robert Alexy conceitua os princípios como “mandamentos de otimização, que são caracterizados por poderem ser satisfeitos em graus variados e pelo fato de que a medida devida de sua satisfação não depende somente das possibilidades fáticas, mas também das possibilidades jurídicas”. ALEXY, Robert. *Teoria dos direitos fundamentais*. São Paulo: Malheiros, 2011. p. 90.

⁹⁶⁸ Framework é um termo utilizado para definir quadros de decisão, estruturas de decisão, de forma a facilitar a visualização da interação entre os diferentes aspectos que devem ser considerados na tomada de decisões. Já a árvore de decisão é apresentada como uma ferramenta para ajudar a pensar de forma sistemática sobre a informação necessária para avaliar e garantir a segurança das nanopartículas. [...] representam caminhos a serem percorridos para que os fatores que influenciam uma determinada situação possam ser compreendidos. HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

nanotecnologias. Trata-se de uma solução para construção de respostas jurídicas, consubstanciadas pelo princípio da precaução, que partem de mecanismos alternativos com formatos regulatórios diferentes, utilizando-se do diálogo das fontes do Direito para conjugar e utilizar as ferramentas produzidas por outras áreas do conhecimento⁹⁶⁹.

Situação necessária para construção da ponte de sua comunicação com o sistema jurídico e com os programas de decisões, já que são desconhecidos os efeitos e potencialidade tóxicas das nanopartículas engenheiradas quando da sua interação com o meio químico, biológico e físico esparsos no meio ambiente e em contato com o ser humano, cenários que “apenas faculdades de clarividência seriam capazes de conduzir à ‘presumível’ dose venenosa para ‘o’ ser humano”⁹⁷⁰.

[...] É exatamente a exclusão estratégica de possibilidades que, vista em termos evolutivos, constitui o meio para a construção de ordenamentos mais elevados, que não podem consentir com toda e qualquer possibilidade mas, exatamente por isso, garantindo sua heterogeneidade⁹⁷¹.

A partir daí, entre tentativas, erros e acertos, torna-se fundamental a utilização da ferramenta da logística reversa em face da ausência de certeza científica, traduz-se em uma estratégia de gestão diante as pressões exercidas pelo governo, comunidade e mercado. Significa criar meios de registrar as condições de risco ou impactos ao longo do ciclo de vida dos produtos manufaturados mediante um conjunto de medidas integradoras (framework e árvore de decisões) que possam dar uma visão geral dos aspectos e impactos (saúde e meio ambiente) das cadeias produtivas e que permitam a busca e implementação de soluções gradativas, abrangentes e eficazes para a viabilização dos sistemas de gestão de riscos nanotecnológicos⁹⁷².

Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)⁹⁷³ menciona o acordo setorial, considerado um ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (art. 3º, inciso I), bem como

⁹⁶⁹ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias*: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão [No prelo].

⁹⁷⁰ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco*: rumo a uma nova modernidade. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 83.

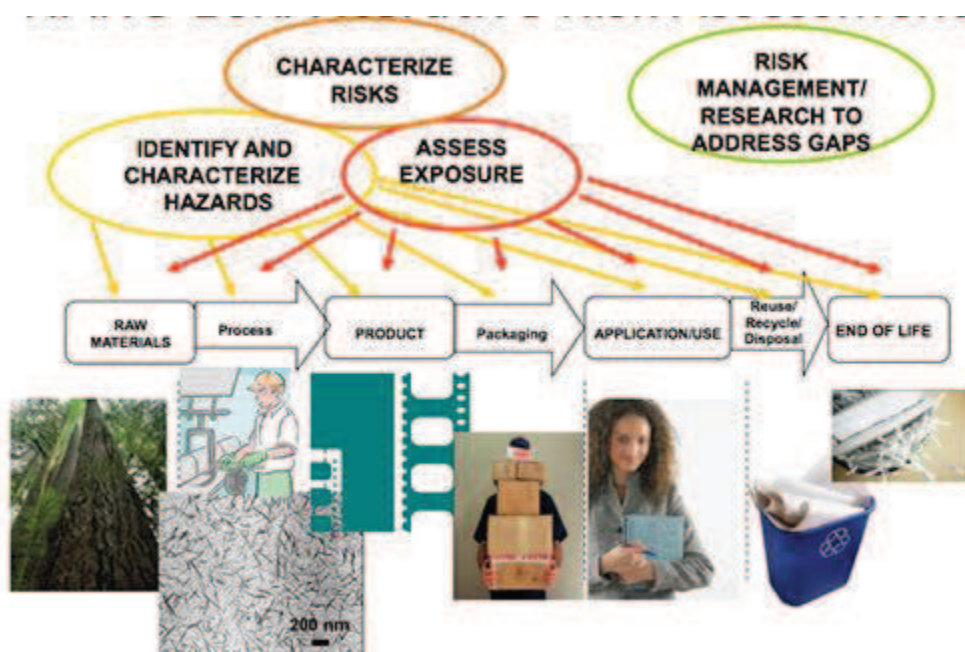
⁹⁷¹ LUHMANN, Niklas. *Sociologia do direito I*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1983. p. 13.

⁹⁷² XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa*: criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013. p. 45.

⁹⁷³ 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

conceitua o ciclo de vida dos produtos como sendo uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final (art. 1º, inciso IV). Como aspecto prioritário classifica os materiais (gestão de resíduos)⁹⁷⁴ e define as etapas inerentes ao processo de retorno (logística reversa), criando condições do mecanismo político necessário para a implementação e êxito da responsabilidade compartilhada⁹⁷⁵ e análise dos riscos (Figura 6).

Figura 6 - Análise dos Riscos



Fonte: Jo Anne Shatkin e Kim Baram⁹⁷⁶.

Para o efetivo gerenciamento dos (nano)riscos alguns aspectos devem ser priorizados: identificação de processo e produto sujeito a risco; identificação dos principais fatores de risco para cada processo ou produto; avaliação da probabilidade de ocorrência associada aos

⁹⁷⁴ A classificação dos resíduos é fator importante na avaliação da logística reversa, pois tem implicação direta na gestão dos resíduos e na definição de ações de prevenção e controle dos impactos à saúde e meio ambiente, pois o grau de incerteza inerente a um determinado processo ou produto (deve-se considerar as nanotecnologias) é diretamente proporcional ao dano potencial ou risco quanto aos seus resultados. XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 48.

⁹⁷⁵ Ibid., p. 48.

⁹⁷⁶ SHATKIN, Jo Anne; KIM, Baram. Cellulose nanomaterials: life cycle risk assessment, and environmental health and safety roadmap. *Environmental Science: Nano*, [S.l.], p. 409-552, Oct. 2015. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/en/c5en00059a#!divAbstract>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

principais riscos; identificação da severidade das consequências da ocorrência associada aos fatores de riscos e avaliação dos níveis de vulnerabilidade aos riscos⁹⁷⁷.

A análise do risco contempla também a identificação e definição: da fonte, das vias⁹⁷⁸, e os alvos do potencial impacto. Portanto, existe a necessidade de uma prévia classificação dos resíduos nanotecnológicos (finais, secundários e gerados no processo de fabricação) para identificação dos fatores de riscos em razão dos diferentes cenários de possíveis interações. Em relação ao corpo regulador já existe a NBR 10.004 utilizada para classificar resíduos em escala macro, nocivos à saúde e meio ambiente, catalogados em classes I (perigosos) onde estão dispostos os que possuem toxicidade, IIB (não inertes) os que podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, e IIIB (inertes) não solúveis.

Tal classificação permite determinar os produtos que são potencialmente contaminantes⁹⁷⁹. Contudo em relação a escala nanométrica inexistem qualquer tipo de classificação⁹⁸⁰ que aponte e identifique fatores de riscos, no entanto, presume-se que existindo fatores na escala macro, não são diferentes na escala nano, podendo ser utilizados como parâmetros segundo uma abordagem precaucional, pois muito dos materiais catalogados segundo a classificação da NBR 10.004 estão sendo desenvolvidos em escala nanométrica, de modo geral em aparelhos eletrônicos, embalagens de alimentos, cosméticos, agrotóxicos, entre outros. Além disso, os produtos segundo o tipo de riscos para transporte são classificados também como: explosivos (classe I), gases (classe II), líquidos inflamáveis (classe III), sólidos inflamáveis (classe IV e subclasses), substâncias oxidantes (classe V), substâncias tóxicas e infectantes (classe VI), materiais radioativos (classe VII), corrosivos (classe VIII) e substâncias perigosas diversas (classe IX). Dentro dessa classificação ainda estão dispostas as embalagens, de acordo com o risco que apresentam (alto, médio ou baixo)⁹⁸¹.

⁹⁷⁷ Adaptado para a classificação dos resíduos (riscos e impactos) das nanotecnologias. XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 48-49.

⁹⁷⁸ Devido as particularidades e características dos nanomateriais, a fonte de exposição são via: inalação, ingestão, absorção cutânea e injeção de materiais artificiais. Estudos experimentais foram feitos com várias nanopartículas a granel, dentre elas negro de fumo, dióxido de titânio, óxidos de ferro, que estão sendo usadas por décadas, sugerem efeitos adversos. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 18. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

⁹⁷⁹ XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 51.

⁹⁸⁰ Nesse ponto, as árvores de decisão constituem uma técnica muito importante e amplamente utilizada em problemas de classificação. HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁹⁸¹ XAVIER, op. cit., p. 51-54.

Apesar da identificação e mitigação de possíveis impactos fazer parte do gerenciamento de riscos, as nanotecnologias ainda não são devidamente estudadas conforme esse nível de exigência - ainda que possivelmente esteja inserida em alguma das classificações existentes na escala macro -, o que representa mais um desafio para o Direito e para o emprego de posturas a partir da prevenção, precaução e informação para que os riscos sejam, sempre que possível, evitados sem medidas extremas como a moratória. Nesse sentido, torna-se relevante a abertura e diálogo com as outras áreas do conhecimento para se fazer uso conjugado de modelos existentes e eficazes na avaliação dos riscos e mitigação dos impactos negativos, um complementando o outro para preenchimento das lacunas existentes, tais como: Framework, árvore de decisão, logística reversa, entre outras.

Adicionalmente, na avaliação das cadeias reversas, há a necessidade de se estabelecerem métricas para análise e comparação dos resultados com parâmetros definidos. O uso de indicadores para a avaliação do desempenho dos SLR pode ser vantajoso, na medida em que possibilita a repetibilidade das análises e é suficientemente flexível para aceitar a atribuição de peso, conforme o cenário priorizado⁹⁸².

Nesse ponto, a eficiência social, ambiental e econômica na gestão do sistema da logística reversa⁹⁸³ demonstra que “os indicadores podem ser utilizados para análise comparativas de seus próprios resultados ao longo do tempo – servindo, inclusive, como modelo para o estabelecimento de critérios de referência”⁹⁸⁴ para obtenção da gestão e avaliação de riscos dos nanomateriais.

Esto significa que el nivel de pretensiones relativas a la justicia en el sistema jurídico, el grado de abstracción de la dogmática jurídica y la medida en la que las cuestiones jurídicas se deciden según criterios propios del derecho, no pueden fijarse independientemente de las expectativas sociales, del mismo modo que, a la inversa, estas expectativas están orientadas a las posibilidades que ofrece el sistema jurídico⁹⁸⁵.

Dessa maneira, o grau de incerteza que envolve as nanotecnologias pode ser reduzido quando utilizado modelos que o próprio sistema jurídico oferece, nesse caso, empregando-se a logística reversa como forma de mitigar impactos negativos pelo descarte, destinação e

⁹⁸² XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 87.

⁹⁸³ O desempenho das cadeias reversas pode ser avaliado, na dimensão ambiental, pelo monitoramento dos impactos positivos relacionados à gestão de recursos e de resíduos por meio de percentuais de recolhimento ou reciclagem de materiais pós-consumo. Economicamente pelo desempenho financeiro das organizações produtivas traduzido pela valorização dos resíduos e investimentos nos próprios produtos por meio de ações sustentáveis. *Ibid.*, p. 88-89.

⁹⁸⁴ *Ibid.*, p. 87.

⁹⁸⁵ LUHMANN, Niklas. *Sistema jurídico y dogmática jurídica*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1983. p. 96.

disposição final inadequado dos produtos nanotecnológicos pós-consumo⁹⁸⁶. Além disso, representa a possibilidade de (re)avaliação dos “riscos que ocorrem em etapas, em que as decisões para cada uma delas dependem dos desfechos da etapa anterior”⁹⁸⁷, o que demonstra a importância da responsabilidade compartilhada na logística reversa. Nesta linha, Luhmann enfatiza: “[...] Esta idea se encuentra actualmente a menudo en la fórmula de que los hechos sociales o las estructuras sociales han de ser incluidos en ‘modelos jurídicos’ y conducidos de forma normativa decidible”⁹⁸⁸. Nesse sentido, a proposta de elaboração de um modelo adequado é considerada significativa para o Direito:

[...] En el concepto de modelo es de importancia y significación para el derecho la acentuación de la reproducibilidad de las estructuras. Por otra parte, si sólo se usa el concepto de modelo surgirán dificultades; ya que no se trata solamente de una reproducción abreviada con omisión de los detalles no informativos, sino de una selección reductiva en interés específico del sistema. Mantendremos la formulación conceptos jurídicos adecuados a la sociedad, sobre todo para evitar posibles malentendidos⁹⁸⁹.

Para se ter um ponto de apoio com sentido jurídico compatível e adequado aos novos conceitos e modelos é importante ter em conta que existe uma grande quantidade de fonte de contato e exposição aos nanomateriais, podendo ocorrer durante todas as etapas do ciclo de vida de um produto (nano)manufaturado, ou seja, da “síntese, produção e inclusão nos produtos (exposição ocupacional) até à utilização desses mesmos produtos (exposição do consumidor), o que significa que a eliminação dos nanomateriais e consequente acumulação no ambiente poderá constituir ainda uma fonte de exposição humana”⁹⁹⁰.

⁹⁸⁶ O acidente radiológico ocorrido em 1987 pelo Césio 137 em Goiânia (GO) representa um caso emblemático de acidente resultado da abertura de um equipamento eletroeletrônico (máquina de radioterapia) por catadores, com resultados devastadores e sem precedentes no país, quando mais de 700 técnicos atuaram em medidas mitigadoras do impacto ambiental. Para se ter noção da relevância de políticas e programas de fluxo reverso de produtos dos quais existe incerteza científica, o material radioativo principal naquele caso pesava tão somente 19 gramas, mas resultou na contaminação de aproximadamente 40 mil toneladas de rejeito. Evidentemente, algo que poderia ter sido evitado com ações preventivas, até mesmo precaucionais, por meio da destinação adequada do produto, coleta de dados, elaboração de análises e avaliação de riscos sobre os materiais. Cita-se esse exemplo como forma de reflexão para o caso dos produtos nanotecnológicos desenvolvidos e postos no mercado mesmo diante da total incerteza científica quanto aos potenciais riscos, efeitos e impactos à saúde humana e ambiental. XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 91.

⁹⁸⁷ HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

⁹⁸⁸ LUHMANN, Niklas. *Sistema jurídico y dogmática jurídica*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1983. p. 97.

⁹⁸⁹ *Ibid.*, p. 97.

⁹⁹⁰ LOURO, Henriqueta; BORGES, Teresa; SILVA, Maria João. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a saúde pública. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 190, jul./dez. 2013.

Como bem assevera Luhmann, “el criterio de la adecuación solamente se puede referir a las reducciones con las que el sistema jurídico desarrolla su función *específica en toda la sociedad*, siempre que se le requiere”⁹⁹¹. Nesse sentido a responsabilidade compartilhada (art. 3^a, XVIII da PNRS) atribuída a um ou mais participantes da cadeia que inicia com a obtenção dos recursos naturais e termina com a destinação pós-consumo (destinação final ou retorno a cadeia de produção), torna a logística reversa uma ferramenta adequada e útil para a produção de um programa de decisões. Efetiva-se uma abordagem por meio da gestão interna e sob o controle direto da gerencia da empresa, com o “apelo a uma regulação que permita às organizações se adaptarem sozinhas às variações de seu meio ambiente”⁹⁹² (com ênfase nos processos internos), e ou empregada pelo uso de uma governança da sustentabilidade no ciclo de vida, quando passa a envolver um conjunto de atores da cadeia, dentro e fora da organização (fronteiras da empresa)⁹⁹³, pois o objetivo da logística reversa não está somente vinculado ao desenvolvimento econômico e social (recuperar valor ou garantir o descarte ambientalmente adequado), mas também em agregar valor de diversas naturezas (ecológica, legal, logística, imagem corporativa)⁹⁹⁴. Com isso, as adequações necessárias a partir de novos modelos “não significam de modo algum, de fato, uma volta ao Estado mínimo e um abandono puro e simples das relações sociais à esfera privada. Traduzem-se mais por uma política de um ‘governo por objetivos’ cuja eficácia depende da qualidade das comunicações”⁹⁹⁵ e das diversas fontes do Direito mobilizadas pelos “órgãos que representam os poderes públicos, especialmente as agências reguladoras nacionais e internacionais, as indústrias, as universidades e os centros de pesquisa e o mercado consumidor”⁹⁹⁶. Vale dizer que os “grandes objetivos da produção normativa neste cenário das nanotecnologias ficam

⁹⁹¹ LUHMANN, Niklas. *Sistema jurídico y dogmática jurídica*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1983. p. 98.

⁹⁹² SUPIOT, Alain. *Homo juridicus*: ensaio sobre a função antropológica do direito. São Paulo: Martins Fontes, 2007. p. 160.

⁹⁹³ MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística reversa, meio ambiente e sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 10.

⁹⁹⁴ COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA, Ricardo Gabbay. O que é logística reversa. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 19.

⁹⁹⁵ SUPIOT, op. cit., p. 160-161.

⁹⁹⁶ ENGELMANN, Wilson. A (re)leitura do direito natural a partir de John Finnis como pressuposto ético para alicerçar "programas de cumprimento" sobre os riscos das nanotecnologias. In: ROVER, Aires José; SIMÃO FILHO, Adalberto; PINHEIRO, Rosalice Fidalgo (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: FUNJAB, 2013. v. 1, 378. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=872d565410349615>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

circunscritos aos riscos e à saúde e segurança do ser humano e à preservação ambiental”⁹⁹⁷.

Por conta disso, “[...] existe entre la autorregulación y las relaciones con el entorno una conexión tal que un sistema puede adaptarse a los acontecimientos relevantes de su entorno, tanto como cambiar su entorno en aspectos relevantes para el sistema”⁹⁹⁸. Assim, destaca-se que a análise dos riscos (Figura 5) compreende a avaliação das vias de exposição, a caracterização de materiais, a identificação de perigos pelos estudos toxicológicos, a avaliação dos riscos e a gestão dos riscos. Sugere-se que em cada etapa do ciclo de vida do produto (Figura 3) e do ciclo reverso (Figura 4) deve ser (re)feita a análise de indicadores (monitoramento), conjugada com outras ferramentas (framework, árvore de decisão, entre outras)⁹⁹⁹ para visualização, classificação e considerações na tomada de decisões acerca dos riscos (Figura 6)¹⁰⁰⁰, inclusive, acompanhamento das especificações de produção e notificação das autoridades em caso de acidentes (exposições) ocupacionais ou de consumo, necessários enquanto perdurar a ausência de métodos de segurança para avaliação de nanomateriais, seguindo-se até onde for possível uma metodologia adotada para produtos convencionais. Esse meio de observação ao longo do ciclo de vida do produto não garante a satisfação das necessidades, mas torna possível (re)avaliar as condições para governança da precaução, onde em cada etapa do ciclo de vida se ratifica ou refuta a etapa anterior, bem como ao final do monitoramento uma leitura ratifica ou promove mudanças na cadeia, determinante para uma redução da complexidade. Além disso, produz uma gestão de informações que possibilita rastrear o produto ao longo do fluxo direto e reverso, com maior e melhor detalhamento e compreensão das fontes geradoras de riscos associados as nanotecnologias para diminuir impactos negativos ou evitar ameaças, bem como desenvolve um canal de comunicação entre os agentes da logística e as partes envolvidas: os trabalhadores, consumidores, órgãos e agências reguladoras,

⁹⁹⁷ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Nanotecnologias e o mundo do trabalho. In: CECATO, Maria Aurea Baroni; NUNES, Claudio Pedrosa; MISAILIDIS, Mirta Gladys Lorena Manzo de. (Org.). *Direito do trabalho I*. 1. ed. Florianópolis: Conpedi, 2014, v. 1, p. 399. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=a56b6ea9b986428c>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

⁹⁹⁸ LUHMANN, Niklas. *Sistema juridico y dogmatica juridica*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1983. p. 110-111.

⁹⁹⁹ Os variados ramos da árvore de decisão e os quadros do *framework* vão sendo ocupados com os questionamentos e as respostas vão sendo fornecidas pelas mais diferentes fontes do Direito, até o limite onde será necessário sim usar o princípio da precaução e da informação, bem como o da responsabilidade do produtor, objetivando não o “engessamento” da inovação, mas sim a preocupação com a saúde humana e ambiental, em cada caso concreto. HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias*: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão [No prelo].

¹⁰⁰⁰ PEREZ, Oren. Precautionary governance and the limits of scientific knowledge: a democratic framework for regulating nanotechnology. *Journal of Environmental Law and Policy*, [S.l.], p. 38, Apr. 2010. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1585222>. Acesso em: 24 jun. 2015.

sindicatos e empresas envolvidas com as nanotecnologias, criando condições de flexibilização e exploração de oportunidades para as mudanças necessárias e capazes de orientar o sistema jurídico.

Quadro 7 - Framework (quadro de decisões) para ações de gestão de riscos

		Ações de Gestão do Risco		
IMPACTO	Significativo	Exigência considerável de gestão	Deve gerir e monitorar os riscos	Gestão essencial e extensiva
	Moderado	Os riscos podem ser aceitáveis desde que monitorados	Realização de esforço de gestão podem ser significativos	Exigência de esforço e gestão
	Menor	Riscos Aceitáveis	Os riscos podem ser aceitáveis desde que monitorados	Gestão e monitoramento constante dos riscos
		Baixa	Média	Alta
		PROBABILIDADE		

Fonte: Oren Perez¹⁰⁰¹.

Trata-se de um conjunto de ferramentas essenciais para a visualização e auxílio dos responsáveis pelas tomadas de decisões, apoiando o raciocínio e orientando as ações a serem tomadas (quadro de decisões), considerando-se sempre a melhor técnica disponível¹⁰⁰², sendo que o monitoramento está presente na maioria das ações e ou preocupações focadas em propostas para sua elaboração, de modo que seja possível o controle de dispersão dos produtos nanos no mercado de consumo¹⁰⁰³. Nesse ponto, alguns produtos podem ser considerados mais dispersos e de difícil identificação para o retornar pela via reversa (exemplo são os produtos comercializados em lojas). Nesse caso, depende mais da cultura reversa e de informações adequadas que permitam o consumidor ter a consciência voluntária de devolução aos pontos de entrega do resíduo, o que revela também outra face, qual seja, a necessidade de “rotulagem”, com identificação e informações suficientes para que o consumidor final possa aderir a políticas públicas e viabilizar o descarte correto¹⁰⁰⁴. A

¹⁰⁰¹ PEREZ, Oren. Precautionary governance and the limits of scientific knowledge: a democratic framework for regulating nanotechnology. *Journal of Environmental Law and Policy*, [S.l.], p. 39, Apr. 2010. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1585222>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁰² HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias*: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão [No prelo].

¹⁰⁰³ BUENO, Carolina de Castro. *Emprego e adaptação do método GMP-RAM para avaliação dos riscos das nanotecnologias*. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 63.

¹⁰⁰⁴ PONTES, A. T.; SOUZA, R. G.; SOUZA, M. R. Preparação e acondicionamento. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 102-104.

logística reversa além de responsabilizar os atores em cada etapa da cadeia, pode ser uma ferramenta adequada a fornecer as condições (re)avaliação da comunicação dos riscos, a confiança dos produtos (segurança) e sua interação com o meio ambiente (contaminação), em um ciclo de melhoria contínua capaz de conduzir a adequada regulação, com segurança e menor impacto possível para a saúde pública e ambiental.

Diversos produtos à base de nanotecnologias já são dispostos ao consumo¹⁰⁰⁵ sem considerar estratégias de sustentabilidade e de informação ao longo do ciclo de vida, de modo a fornecer uma correta avaliação e formação da percepção pública dos riscos (aceitação/rejeição). Novamente, destaca-se que a “identificação é um primeiro passo para um trabalho maior de diminuição da geração de resíduos”¹⁰⁰⁶. Muitas dessas promissoras aplicações estão sendo desenvolvidas para produtos, tais como: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos e seus componentes já são objetos de estudos e aplicação de nanotecnologias. Da mesma forma, todos são considerados produtos que obrigam a implementação do sistema de logística reversa pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, mediante o retorno do produto após o uso pelo consumidor, além do manejo dos resíduos sólidos, conforme artigo 33 da PNRS¹⁰⁰⁷.

Qualquer decisão a ser tomada está subordinada à caracterização do material com o qual se pretende trabalhar. O conhecimento de suas características possibilita uma tomada de decisão segura sobre como deve ser seu manuseio, acondicionamento e transporte, bem como quais serão as opções de seu destino¹⁰⁰⁸.

Sob esse enfoque a logística reversa para produtos nanos também pode ser implantada de forma consensual pelos tomadores de decisões, por meio de acordos setoriais, considerado

¹⁰⁰⁵ Para se ter uma ideia do avanço, 28% da fatia atual do mercado são preenchidas pelo setores farmacêuticos e cosméticos com produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos produzidos à base de nanotecnologias. HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014. p. 24.

¹⁰⁰⁶ PONTES, A. T.; SOUZA, R. G.; SOUZA, M. R. Preparação e acondicionamento. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 105.

¹⁰⁰⁷ Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas; II - pilhas e baterias; III - pneus; IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes. 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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁰⁸ PONTES; SOUZA; SOUZA et al., p. 105.

os aspectos a serem observados: a revalorização econômica de componentes e materiais, a prestação de serviços a clientes ou consumidores finais, a proteção da imagem corporativa ou da marca e o cumprimento da legislação¹⁰⁰⁹. Contudo, pode-se inferir que o experimento humano já ocorre de forma involuntária, silenciosa e invisível, “sem controle científico sistemático, sem levantamento de dados, sem estatística, sem análise de correlações, sob o manto da ignorância dos afetados – e com o ônus da prova invertido, no caso de alguém acabar notando algo”¹⁰¹⁰. Ocorre que, a “redução do grau de incerteza obtém-se, basicamente com a melhoria da previsibilidade do fim de vida útil e do descarte de produtos e materiais pós-consumo”¹⁰¹¹. No entanto, esse cenário vem sendo timidamente modificado com o auxílio das universidades e com as proposições contempladas nos projetos de lei: PL nº 6741-2013¹⁰¹², que dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país e PL nº 5133/2013¹⁰¹³, que busca regulamentar a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia.

A evolução no debate acadêmico-científico e regulatório em torno das nanotecnologias demonstra a preocupação a complexidade e impacto das nanotecnologias na sociedade contemporânea, na medida que os riscos sociais, políticos, econômicos e individuais tendem cada vez mais escapar das instituições para o controle e a proteção dos diversos atores globais inseridos no desenvolvimento de novas tecnologias. Sendo assim, a avaliação dos riscos e consequentemente o marco regulatório das nanotecnologias depende da abertura de novos horizontes.

Conforme aduz Cafferatta, a “temática ambiental implica un cambio en la lógica jurídica clásica y una mutación axiológica desde el punto de vista del derecho en general. Ese cambio está expresado a través de los llamados principios de Derecho ambiental”¹⁰¹⁴. De modo que, o manejo dos princípios ambientais e o diálogo das fontes passam a sustentar toda

¹⁰⁰⁹ XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 83.

¹⁰¹⁰ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 84.

¹⁰¹¹ XAVIER, op. cit., p. 85.

¹⁰¹² Situação: Pronta para Pauta na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS). SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei PL 6741/2013*. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹⁰¹³ Situação: Aguardando Parecer - Aguarda devolução Relator não-membro. Ibid.

¹⁰¹⁴ CAFFERATTA, Néstor. Los principios y reglas del derecho ambiental. In: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (UNEP). *Quinto programa regional de capacitación en derecho y políticas ambientales*. p. 51. Disponível em: <<http://www.pnuma.org/gobernanza/PonenciasVPrograma.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

a abertura necessária para a construção de um Direito capaz de , “gerar sentidos que deem suporte a um reposicionamento do ser e a uma recondução da ação social que, diante da contundente realidade da crise ambiental, abram caminhos para a produção de novos conhecimentos”¹⁰¹⁵, permitindo que trafegue por áreas multidisciplinares e inexploradas para capacitá-lo a dar respostas aos desafios promovidos pela constante superação da técnica humana, a exemplo do terreno movediço e incerto da nanotecnologias¹⁰¹⁶.

Outro fator de relevância converge para as parcas informações sobre o seu desenvolvimento e aplicação em produtos, de forma transparente e que atenda ao direito fundamental de informação (Art. 5º, XIV e XXXIII da CF/88)¹⁰¹⁷ e direitos protetivos do consumidor (art. 6, CDC)¹⁰¹⁸ assegurando a participação da sociedade no debate e na deliberação de assuntos ligados ao desenvolvimento das nanotecnologias. Em geral, as empresas que investem na inovação e produção de (nano)manufaturados, ou utilizam a informação de modo a revelar um avanço em seus produtos, sem, contudo, se deter a maiores esclarecimentos, focando sua aplicação tão somente nos supostos benefícios ao consumidor, ou, de outro lado, omitindo informações temendo algum tipo de responsabilização em face do risco do desenvolvimento e da circulação de produtos que venham a causar danos futuros.

Em ambos os casos, quem lucra com a exploração do mercado assume em nome dos benefícios econômicos¹⁰¹⁹ os riscos resultantes do “big business”¹⁰²⁰, ou seja, “enquadrando-

¹⁰¹⁵ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 18.

¹⁰¹⁶ Importante destacar que a reflexão que paira sobre a sociedade contemporânea, nesse ponto, está enraizada no poder legitimador das ameaças que não consegue mais controlar, pois nesse processo “as organizações de interesse, o sistema judicial e a política são obscurecidos por debates e conflitos que se originam do dinamismo da sociedade de risco”. BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Uesp, 2012. p. 17.

¹⁰¹⁷ Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: [...] XIV - é assegurado a todos o acesso à informação e resguardado o sigilo da fonte, quando necessário ao exercício profissional; [...] XXXIII - todos têm direito a receber dos órgãos públicos informações de seu interesse particular, ou de interesse coletivo ou geral, que serão prestadas no prazo da lei, sob pena de responsabilidade, ressalvadas aquelas cujo sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado [...]. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰¹⁸ Art. 6º. São direitos básicos do consumidor: I - a proteção da vida, saúde e segurança contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos; II - a educação e divulgação sobre o consumo adequado dos produtos e serviços, asseguradas a liberdade de escolha e a igualdade nas contratações; III - a informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade, tributos incidentes e preço, bem como sobre os riscos que apresentem. BRASIL. *Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990*. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰¹⁹ O risco proveito inclui também os riscos do desenvolvimento, razão pela qual devem os fornecedores ou fabricantes dos produtos à base da nanoescala responderem objetivamente se causarem danos a terceiros. BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. *Responsabilidade civil e nanotecnologias*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 87.

se na modalidade do risco proveito, cuja máxima *ubi emolumentum ibi onus* é geradora da responsabilidade objetiva¹⁰²¹, consubstanciada forte o artigo 187 e 931 do Código Civil Brasileiro¹⁰²², bem como pelo artigo 12 da Lei 8.078/90 (CDC)¹⁰²³ e artigo 3º, inciso III da Lei 11.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

A aproximação do diálogo das fontes com o alargamento das capacidades de o sistema jurídico romper com suas amarras, remete a formação de um corpo alternativo, cria a sustentação e uma maior projeção da tutela ambiental, permite uma adequação as questões tecnológicas, irradiado essencialmente pela precaução, que, por conseguinte, constrói seu leque de respostas, dando margem a uma ruptura e ressignificação de conceitos¹⁰²⁴. Trata-se de “lutas epistêmicas para nos descolonizarmos de uma forma de pensar o mundo imposta e que hoje continua regendo as relações humanas, as relações de poder e as relações com a natureza”¹⁰²⁵ e ou porque não de uma “possível superação da noção de sustentabilidade por uma ideia de adaptação”¹⁰²⁶, de uma “adaptação estilística aos novos tempos”¹⁰²⁷, o que leva, segundo Leff “a redefinir e a reconstruir o mundo por diferentes vias de sustentabilidade, de vida e de convivência do mundo”¹⁰²⁸.

Gradativamente, “não se consegue observar o mundo a partir somente do Direito, surge irritação e ocorre problemas de falta de eficácia e efetividade”¹⁰²⁹ que igualmente, promove e fomenta alternativas e possibilidades para a produção do conhecimento e da comunicação entre os sistemas, uma vez que as perturbações ou irritações recíprocas - sistemas-sistemas - e suas ressonâncias em geral orientam e “estimula um processo co-evolutivo entre os sistemas sociais, orientando cognitivamente uma abertura destes à

¹⁰²⁰ BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011. p. 28.

¹⁰²¹ BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. *Responsabilidade civil e nanotecnologias*. São Paulo: Atlas, 2014. p. 87.

¹⁰²² Art. 931. Ressalvados outros casos previstos em lei especial, os empresários individuais e as empresas respondem independentemente de culpa pelos danos causados pelos produtos postos em circulação. BRASIL. *Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002*. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰²³ Art. 12. O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos. BRASIL. *Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990*. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰²⁴ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 82-94.

¹⁰²⁵ *Ibid.*, p. 87.

¹⁰²⁶ WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e adaptação ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014. p. 311.

¹⁰²⁷ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 230.

¹⁰²⁸ LEFF, op. cit., p. 108.

¹⁰²⁹ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 38.

sensibilização ecológica”¹⁰³⁰, impactando diretamente na qualidade de vida humana e na relação de sustentabilidade dos recursos naturais para sua manutenção.

De tal sorte, essa irritabilidade representa um acoplamento estrutural e importa em um novo resultado, na possibilidade de abertura para novas fontes de dados, de diálogo entre as fontes e de evidências mais concretas a respeito das nanotecnologias, quando empregadas em produtos e bens de consumo¹⁰³¹.

Muito embora, tenham sido os sistemas “alicerçados em uma visão clássica de desenvolvimento e crescimento econômico, fundado em um industrialismo totalmente agressivo aos recursos naturais”¹⁰³², não se pode abrir mão da proteção ambiental, sob pena de incorrer-se no próprio prejuízo e na violação dos preceitos constitucionais de proteção ambiental¹⁰³³ e, por conseguinte consagrando a “supertecnificação e supereconomização do mundo”¹⁰³⁴.

Em razão dessa nova racionalidade¹⁰³⁵, presente em cada sistema, emerge, portanto, uma frente que busca novos horizontes e contornos para viabilizar uma aproximação e comunicação dos sistemas. Nesse sentido, aponta-se como solução “uma ruptura maior com o sistema de mercado, como, por exemplo, impor restrições à escala de consumo existente”¹⁰³⁶, já que a “operação do sistema da Economia se dá a partir de seus próprios elementos, os quais não contemplam as questões ecológicas”¹⁰³⁷, forma-se com isso um gargalo e desequilíbrio entre desenvolvimento e proteção ambiental, o que implica em corroborar que o “atual padrão

¹⁰³⁰ CARVALHO, Délton Winter de. Regulação constitucional e risco ambiental. *Revista Brasileira de Direito Constitucional – RBDC*, São Paulo, n. 12, p. 25, jul./dez. 2008.

¹⁰³¹ Mais uma vez a “função de integração da fragmentação do sentido nos sistemas sociais, favorece a abertura cognitiva do Direito e demais sistemas sociais à necessária construção de comunicações voltadas ao futuro, a partir da inserção de uma comunicação acerca risco ambiental trazido pelo art. 225 da CF no termo “futuras gerações”. *Ibid.*, p. 25.

¹⁰³² LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. p. 29.

¹⁰³³ Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao_compilado.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰³⁴ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 84.

¹⁰³⁵ Sobre essa nova racionalidade, como condutor de ações sociais com fins pré-determinados (teórica e tecnológica), Enrique Leff afirma ter surgido no interior de estratégias de poder e de um pensamento colonizador que fundamenta a ideia norteadora dos destinos humanos. Salienta ainda, que a crise ambiental é essencialmente uma crise de conhecimento, uma vez que todos os entes e coisas do mundo foram traduzidos em valores econômicos. Uma racionalidade que absorve e consome o meio do qual retira sua fonte, conduzindo-se a uma crise de insustentabilidade. *Ibid.*, p. 84.

¹⁰³⁶ LEITE, op. cit., p. 30.

¹⁰³⁷ WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e adaptação ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014. p. 307.

de desenvolvimento não pode ser sustentável, principalmente pela incoerência dos dois termos quando unidos numa única expressão conceitual”¹⁰³⁸.

[...] Se sustentabilidade tem relação com elementos ecológicos e desenvolvimento está ligado à racionalidade do sistema da Economia, então o conceito de sustentabilidade é uma impossibilidade, assim sendo, a pretensão de harmonizar ação econômica com a proteção dos recursos naturais, infelizmente, não passa de mera ficção ou justificativa de condutas distanciadas de uma necessária identidade com o meio, uma negação do que se denominou por self ambiental¹⁰³⁹.

Nesse cenário, constata-se que a realidade do Sistema do Direito não possui “uma capacidade elástica, que o tornava capaz de responder com uma norma a qualquer situação”¹⁰⁴⁰. Hodiernamente, a complexidade das relações sociais e os “mutáveis contextos sociais”¹⁰⁴¹ demanda do sistema do direito um exercício de diálogo entre as várias fontes, de forma multidisciplinar e multifacetada, envolvendo e comprometendo todos os atores sociais (governo, universidade, empresas, mídia, organizações não governamentais e movimentos sociais) com divisão de responsabilidades políticas e jurídicas em todas as etapas do processo de produção do conhecimento, envolvidos para alcançar algumas respostas e ou modelos que supram as demandas oriundas das novas aplicações (nano)tecnológicas e o impacto, ainda incerto, produzidos no meio ambiente e na saúde humana¹⁰⁴².

O Direito procura dar respostas para as demandas tecnológicas, no entanto, esbarra em obstáculos oriundos de “um deslocamento e uma fragmentação das instâncias legitimadas a promulgar regras”¹⁰⁴³. Em face da sua característica de orientar-se a partir das condutas humanas, o direito sofre os efeitos da globalização, com nítida “transferência a outros níveis de regulação”¹⁰⁴⁴.

[...] à esta proliferação de Direitos, a nova estrutura da Sociedade produtora de riscos estabelece a fragmentação da Sociedade, deslocando a centralidade do poder político do Estado para novas instâncias decisórias, tais como,

¹⁰³⁸ WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e adaptação ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014. p. 307.

¹⁰³⁹ Ibid., p. 307.

¹⁰⁴⁰ HESPANHA, António Manuel. *Pluralismo jurídico e direito democrático*. São Paulo: Annablume, 2013. p. 176.

¹⁰⁴¹ Ibid., p. 176.

¹⁰⁴² VIGLIO, José Eduardo et al. A ciência na RIO+20. *Idéias*, Campinas, n. 5, nova série, p. 25, 2. sem. 2012. Disponível em: <www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/download/1033/731>. Acesso em: 24 jun. 2015.

¹⁰⁴³ FARIA, José Eduardo (Org.). *Direito e globalização econômica: implicações e perspectivas*. São Paulo: Malheiros, 1996-2010. p. 20.

¹⁰⁴⁴ Ibid., p. 10.

empresas transnacionais, organismos não governamentais, instituições públicas e privadas e organismos supra ou transnacionais¹⁰⁴⁵.

Isso implica trilhar os “vários diálogos policontextuais existentes na sociedade, desencadeando um processo de autossensibilização do direito às comunicações científicas, econômicas e políticas”¹⁰⁴⁶, que para Rocha “é uma proposta que permite que se observem, a partir de categorias da teoria dos sistemas, os novos sentidos do Direito”¹⁰⁴⁷. Conseqüentemente, a partir da sua operação enclausurada se auto observa e desse processo de diferenciação produz elos de comunicação direcionados a tomada de decisões, seja pelas organizações, pelo poder público ou pela sociedade.

O resultado da conjugação e equilíbrio do desenvolvimento econômico e da proteção ambiental, comprometidos sob a ótica da produção de riscos e dos impactos-efeitos oriundo dos produtos nanotecnológicos - cuja probabilidade também está associada ao descarte irregular - será determinante para o êxito de todo e qualquer projeto legitimado pelo corpo de princípios que norteiam o direito ambiental, assim como fomentará “uma revisão da postura que centraliza a organização do poder somente no Estado e que, por essa razão, subestima o pluralismo de fontes do poder que constituem a incerteza e o risco”¹⁰⁴⁸.

Sob o olhar de uma sociedade globalizada, “a teoria dos sistemas sociais aparece como uma das possibilidades de construção de comunicações diante de uma situação de alta complexidade”¹⁰⁴⁹, já que a toda evolução corresponde em regra a diversas novas situações imprevisíveis.

[...] necessita-se acrescentar à dogmática jurídica mecanismos paraestatais (organizações internacionais), que permitam a influência de outras culturas, de outras estruturas, de uma diversidade maior, para se poder autorreproduzir o Direito a partir de critérios mais abrangentes, ou seja, um Direito estruturalmente aberto para uma diversidade cultural mais ampla¹⁰⁵⁰.

Na sociedade contemporânea, a expectativa de que “o direito teria uma capacidade elástica, que o tornava capaz de responder com uma norma a qualquer situação”¹⁰⁵¹, passa a

¹⁰⁴⁵ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 18, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015

¹⁰⁴⁶ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013. p. 232.

¹⁰⁴⁷ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 39.

¹⁰⁴⁸ ROCHA, CARVALHO, p. 10.

¹⁰⁴⁹ Ibid., p. 10.

¹⁰⁵⁰ ROCHA, KING, SCHWARTZ, op. cit., p. 38-39.

¹⁰⁵¹ HESPANHA, António Manuel. *Pluralismo jurídico e direito democrático*. São Paulo: Annablume, 2013. p. 176.

sofrer dos efeitos da globalização. Uma crise emerge e “reflete na dificuldade que tem o Estado para aplicar seus programas legislativos, e no reconhecimento da existência de um pluralismo jurídico. O Estado perde sua pretensão na detenção do monopólio de promulgar regras”¹⁰⁵² em razão da “multiplicação das oportunidades dentro do processo jurídico para a participação na elaboração das leis”¹⁰⁵³.

O Estado passa a ter que contar com a orientação multidisciplinar global para a legislação de suas normas internas, seguindo a tendência de abertura e diálogo das fontes, flexibilizando a técnica jurídica e o monopólio estatal e trilhar no sentido de uma nova forma de regulação social, de um direito reflexivo, onde as tratativas e a liberdade de negociação fazem frente aos desafios e obstáculos a serem superados, situação que reveste o Estado e o Direito um mandato de caráter colaborador e facilitador¹⁰⁵⁴.

Portanto, uma maior flexibilidade e dispersão na formação dos novos direitos, “que cresce das instituições sociais fragmentadas e tem seguido seu próprio caminho para o vilarejo global”¹⁰⁵⁵, o que se pode “definir como uma radicalização ou uma teorização da evolução observada na técnica jurídica, passando de uma direção estatal autoritária e centralizada a uma direção flexível e de procedimento das condutas humanas”¹⁰⁵⁶.

Já o emergente paradigma da sustentabilidade precisa ver ampliada a força de sua aderência fática e se pauta pela racionalidade dialógica, pluralista e democrática, com a plasticidade adaptativa acoplada às exigências de fundamentação endereçada ao cumprimento coerente da Constituição¹⁰⁵⁷.

Nesse cenário, “o pluralismo jurídico de conotação sistêmica deve ser visto como uma multiplicidade de diversos processos comunicativos num dado campo social que observa a ação social sob a codificação binária Direito e não Direito”¹⁰⁵⁸, de modo que seja possível a partir de um plano horizontal atribuir maior efetividade. Em outras tintas, precisa-se de “[...]”

¹⁰⁵² FARIA, José Eduardo (Org.). *Direito e globalização econômica: implicações e perspectivas*. São Paulo: Malheiros, 1996-2010. p. 20.

¹⁰⁵³ NONET, Philippe; SELZNICK, Philip. *Direito e sociedade: a transição ao sistema jurídico responsivo*. Rio de Janeiro: Revan, 2010. p. 149.

¹⁰⁵⁴ FARIA, op. cit., p. 21-22.

¹⁰⁵⁵ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 22, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹⁰⁵⁶ FARIA, op. cit., p. 22.

¹⁰⁵⁷ FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 233.

¹⁰⁵⁸ ROCHA; CARVALHO, op. cit., p. 22.

eficácia naquilo que o Direito determina como comportamento obrigatório, como possibilidade de construção de algum tipo de realidade social”¹⁰⁵⁹.

As “ONGs e organizações transnacionais, passam a desenvolver um papel fundamental na comunicação das fontes, na proteção do meio ambiente e no fortalecimento dos princípios gerais e ambientais, demonstrando a existência de um fenômeno de Eco-Democratização do Sistema Político”¹⁰⁶⁰, o que se pode chamar de uma “nova aliança entre a ciência dos saberes e os saberes não científicos”¹⁰⁶¹, superando-se velhos paradigmas para a incorporação do “novo paradigma da sustentabilidade cooperativa, sinérgica e abolicionista dos arcaicos grilhões”¹⁰⁶².

[...] por intermédio do princípio não operamos mais a partir de dados ou quantidades objetiváveis, porque, ao trabalhar com os princípios, o que está em jogo não é mais a comparação no mesmo nível de elementos, em que um elemento é causa e o outro é efeito, mas, sim, o que está em jogo é o acontecer daquilo que resulta do princípio, que pressupõe uma espécie de ponto de partida, que é um processo compreensivo¹⁰⁶³.

Essa necessária remodelação e ruptura com o velho modelo passa a “empreender o processo decisório vinculado aos princípios e direitos fundamentais, no cumprimento diligente dos deveres administrativos, sem prejuízo das decisões cautelares”¹⁰⁶⁴, ou seja, “exige uma nova teoria das fontes, uma nova teoria da norma e um novo modo de compreender o direito”¹⁰⁶⁵ a partir da reestruturação do direito e dos “processos e instituições para lhe assegurar um reconhecimento e uma garantia efetivos”¹⁰⁶⁶.

Presume-se, a partir da visão do direito ambiental, que para a obtenção sustentável do uso das novas (nano)tecnologias o direito deve perpassar e confrontar o modelo finalístico utilitarista da exploração ambiental em benefício do homem¹⁰⁶⁷, em corresponder tão somente as expectativas de pacificação e controle social para efetivamente intervir e indicar a direção correta da proteção das futuras gerações, fomentando uma nova cultura mundo e

¹⁰⁵⁹ ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009. p. 32.

¹⁰⁶⁰ ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 19, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.

¹⁰⁶¹ LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010. p. 87.

¹⁰⁶² FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 233.

¹⁰⁶³ STRECK, Lenio. *Verdade e consenso: constituição, hermenêutica e teorias discursivas*. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 246.

¹⁰⁶⁴ FREITAS, op. cit., p. 237.

¹⁰⁶⁵ STRECK, op. cit., p. 245.

¹⁰⁶⁶ OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. p. 312.

¹⁰⁶⁷ Ibid., p. 313.

desmistificando esse modelo conceitual impregnado na mente das pessoas e tomado como verdade absoluta¹⁰⁶⁸. Esse olhar necessita da construção do processo decisório democrático e da ampla participação “como fonte de conhecimento, veículo de comunicação e base de consentimento”¹⁰⁶⁹.

Justifica-se, porque “Políticas e regulação sempre enfraquecem quando o poder industrial não, encontra a resistência da massa desorganizada de consumidores”¹⁰⁷⁰, que seduzidos pelas promessas de comodidade e supervalorização dos benefícios voltados a satisfação de todos os seus desejos “encapsula todas as virtudes pelas quais a modernidade deseja ser louvada – como a racionalidade, a forte autonomia, a capacidade de autodeterminação e de auto-afirmação violenta”¹⁰⁷¹.

A superação parte do adequado manejo dos princípios ambientais aplicáveis ao desenvolvimento científico-tecnológico, fornecendo os subsídios para a construção de um novo modelo onde o controle dos efeitos de aplicação, consumo e descarte desse tipo de tecnologia são tomados com ética e responsabilidade¹⁰⁷², portanto, como elemento essencial para transição e formação de um programa de decisão contemplando as previsões das consequências dos interesses humanos envolvidos no desenvolvimento e aplicação de novas (nano)tecnologias, bem como fortalecendo o postura responsável e orientada por fins sustentáveis a partir do cumprimento normativo pela aplicação de políticas regulatórias¹⁰⁷³, o que pressupõe a efetivação da tutela constitucional prevista no artigo 225.

Há que se verificar o caráter destacado que os intérpretes vão assumir no sentido da própria definição do direito ambiental. Isto se deve ao fato de que os ditames ambientais vão assumir as características principiológicas das Cartas de Direito do modelo constitucionalista, ou seja, vão ser fundados como ordens a serem cumpridas, mas que devem possuir uma textura aberta, dado seu caráter multidisciplinar e valorativo, para que possam ser pelos próprios intérpretes (re)definidas¹⁰⁷⁴.

¹⁰⁶⁸ LEONARD, Annie. *A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. p. 19.

¹⁰⁶⁹ NONET, Philippe; SELZNICK, Philip. *Direito e sociedade: a transição ao sistema jurídico responsivo*. Rio de Janeiro: Revan, 2010. p. 154.

¹⁰⁷⁰ *Ibid.*, p. 155.

¹⁰⁷¹ BAUMAN, Zygmunt. *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. p. 20.

¹⁰⁷² NONET, op. cit., p. 142-143.

¹⁰⁷³ *Ibid.*, 163-170.

¹⁰⁷⁴ FERRI, Caroline; GRASSI, Karine. A incorporação do conceito de estado de direito ambiental na teoria do estado constitucionalista e o papel dos princípios de direito ambiental. In: SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). *Princípios do direito ambiental: articulações teóricas e aplicações práticas*. Caxias do Sul: Educs, 2013. p. 198.

Isso implica em afirmar que a ausência de regulação das nanotecnologias por lei específica não autoriza a promoção e desenvolvimento desenfreado às custas do meio ambiente e da saúde humana, já que “a cidadania não pode ficar à mercê dessa longa espera pelo legislador, correndo-se o risco do solapamento da própria Constituição”¹⁰⁷⁵, afinal, toda construção normativa ou reguladora, com o fim de impor limites para a proteção do meio ambiente e da saúde humana, deve ser norteada e fundamentada inquestionavelmente nos objetivos da carta maior e voltada para a construção cautelosa do desenvolvimento nanotecnológico sustentável e multidimensional¹⁰⁷⁶, intentando nesse contexto, “a harmonização entre as demandas existenciais e os textos normativos [...] mediante interpretação sistemática em acepção forte, que realize a hierarquização adequada dos princípios e das regras”¹⁰⁷⁷.

[...] para que não nos percamos no labirinto das regras frias e programáticas da legislação, muitas vezes descoladas e totalmente descompromissadas com a realidade social, muito mais forte e presente que o texto desejado pelo legislador, faz-se absolutamente necessário que se considere as regras gerais, ou informadoras, ou norteadoras a que se dá a designação de princípios¹⁰⁷⁸.

Os princípios, como fator determinante e norteador das decisões políticas, sociais, ambientais e econômicas, tornam-se imprescindíveis para a construção dos preceitos de desenvolvimento sustentável no panorama das novas (nano)tecnologias, emergentes no contexto da sociedade pós contemporânea e produtora de riscos globais hipercomplexos.

¹⁰⁷⁵ STRECK, Lenio. *Verdade e consenso: constituição, hermenêutica e teorias discursivas*. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 248.

¹⁰⁷⁶ Juarez Freitas propõe desenvolver uma sustentabilidade multidimensional a partir de uma boa administração pública, com decisões coerentes e em harmonia com a realidade e os textos normativos, sem com isso deixar de lado o desenvolvimento legislativo. FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011. p. 230-280.

¹⁰⁷⁷ *Ibid.*, p. 247.

¹⁰⁷⁸ ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010. p. 18.

5 CONCLUSÃO

[...] os riscos da tecnologia avançam mais rápido do que a percepção de responsabilidade moral e ética da sociedade, capaz de sopesar questões de segurança e benefícios¹⁰⁷⁹.

A presente dissertação desenha um panorama do desenvolvimento do Direito na Era das Nanotecnologias, contextualizando-o diante da complexidade da sociedade contemporânea – produtora de riscos e indeterminações - na tentativa de identificar novos sentidos para uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos.

Nesse quadro, o meio ambiente por sua vez, como um direito fundamental de terceira dimensão e essencial a sadia qualidade de vida (saúde, bem-estar, segurança, entre outras), impõe ao Poder Público e a coletividade direitos e deveres de proteção e preservação das presentes e futuras gerações (Art. 225, Constituição Federal). Torna-se, portanto, importante a análise prévia de sustentabilidade frente ao impacto social e ambiental, positivo ou negativo, dos efeitos produzidos pela indústria e pelo consumo (des)informado dos produtos do ramo das nanotecnologias aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação.

Sendo assim, Direito, Economia e Política devem observar a sociedade e estar estruturados para a tomada de decisões nesse panorama de incertezas e riscos abstratos das nanotecnologias, para tanto precisa permanecer sensível e aberto cognitivamente para reagir as irritações produzidas no ambiente, estabelecendo sentidos compartilhados, que confluem no sentido de efetivar critérios (probabilidade/improbabilidade) para redução da imprevisibilidade das situações futuras a partir da comunicação de riscos.

Importa no cenário produzido pelas nanotecnologias, a partir da combinação entre a pesquisa científica e a capacitação tecnológica - que determina o campo de desenvolvimento e avanço da tecnologia e de sua interação com uma sociedade face a apropriação pelo mercado econômico -, compreender o Direito além da norma, conjugando-a com as múltiplas fontes de saberes para compreendê-lo no interior da sociedade de maneira que possibilite ampliar a produção de sentido sem dissociar o progresso social da questão ambiental, o que desafia as

¹⁰⁷⁹ ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades*, v. 33, p. 170, 2015.

ciências jurídicas a encontrar respostas, contornos e instrumentos para efetivamente cumprir o seu papel, assegurando a construção do ideal de sustentabilidade.

Dessa forma, o problema perseguido e que a dissertação procurou responder, resta delineado da seguinte forma: considerando o cenário dualista – entre as vantagens e os riscos – das nanotecnologias e a falta de uma nanorregulação específica, em que medida o fenômeno das nanotecnologias, aplicadas ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação prejudica ou não a construção da noção de um modelo nanoambiental sustentável e de responsabilidade?

A partir dos achados produzidos pela presente pesquisa, constata-se que a nova ordem global resta marcada pelo rompimento de fronteiras, expansão do fluxo de capital e deslocamento das unidades produtivas, volta-se para a liderança tecnológica e fomenta uma aproximação entre a ciência e a indústria. Nesse contexto, a tecnologia ganha um papel de destaque também no processo produtivo, estimulado pelas necessidades humanas e pelos benefícios e melhorias na qualidade de vida da sociedade. Na pressão por resultados positivos o mercado passa a direcionar e estimular os caminhos para áreas de investimentos e linhas de pesquisas, sem, contudo, partir de um amplo debate público acerca dos riscos envolvidos no emprego e aplicação do processo de inovação, já que para legitimá-lo basta o apelo para o discurso sobre os benefícios e desejo social (satisfação de necessidades) pelas novas tecnologias e produtos industrializados, considerados essenciais para o desenvolvimento socioeconômico. Diante disso, amplia-se o diálogo a respeito dos riscos socioambientais, sua aceitabilidade, critérios dos processos decisórios que envolvam o desenvolvimento e difusão das nanotecnologias, assim como sobre o debate político sobre programas e marcos regulatórios e éticos, quando o Direito passa também a exercer um papel criador no qual objetiva estabelecer outros meios de efetivar o gerenciamento dos riscos, a partir de critérios que possa reconhecer, nesse caso, lastreado pelos princípios da prevenção, precaução e informação.

Nessa perspectiva, conforme a pesquisa aponta, um dos grandes desafios, senão o maior deste século está centralizado no binômio desenvolvimento-sustentabilidade, sendo que as nanotecnologias já fazem parte desse debate. Por conseguinte, a revisão da relação entre o Direito e sociedade comporta um aprofundamento dos discursos e das formas de comunicação, sobretudo das organizações, que necessitam observar a complexidade a partir do critério da produção da diferença, fragmentação e singularidade. Por conseguinte, requer um esforço cognitivo do operador jurídico a partir de uma visão alargada, que inclua e esteja em sintonia e harmonia com regras, princípios norteadores (prevenção, precaução,

informação), diretrizes políticas e ampla participação social para construção de uma efetiva noção compartilhada, solidária e responsável, de modo a fortalecer as estruturas do desenvolvimento sustentável e da efetiva tutela do meio ambiente.

Os resultados da pesquisa remetem a necessidade de se observar as operações estruturais da sociedade moderna a partir das suas próprias contingências para descrever a produção de diferenças funcionais de seus sistemas e de seu potencial evolutivo. Dessa forma, produzir alternativas para conduzir as observações do Direito visando uma escolha racional de decisões antecipatórias para um cenário de situações de incerteza e indeterminação frente a problemática do (nano)risco e do paradoxo do desenvolvimento tecnológico, posto que simultaneamente ao valor que agregam a qualidade de vida, são promotoras e produtoras de novos e potenciais riscos à saúde humana e ambiental.

Outro ponto em destaque revela que na medida em que o esquema normativo-constitucional se torna insuficiente para assegurar os procedimentos e instituições de uma sociedade democrática e complexa, a outra face do benefício nanotecnológico difunde uma crescente preocupação com a potencialidade dos riscos e perigos possivelmente agravados pela ausência de transparência de informações, que fundamenta a livre opção de escolha na relação de consumo (direito/dever de informações); a possibilidade de o detentor do poder sobre as pesquisas manipular as informações, por meio da sua restrição ou omissão à sociedade; a toxicidade, mobilidade e dispersão das nanopartículas no corpo humano (pele, cérebro, entre outros) e ou no meio ambiente (água, solo e ar); a produção de resíduos atrelado a problemática da exposição, manejo e descarte; e em sentido mais amplo, a indeterminação dos impactos negativos (éticos, sociais, ambientais e na saúde humana) decorrentes da potencialidade de efeitos nocivos a curto, médio e longo prazo.

Nesse compasso, dada a importância das nanotecnologias para o desenvolvimento industrial, o estímulo para fortalecimento e progresso da ciência e tecnologia (pesquisa, desenvolvimento e inovação) e para a expansão da produção com aplicação, aumento e variedade de produtos postos à disposição no mercado de consumo (obsolescência planejada), a sua exploração deve ser em consonância com os demais princípios esculpidos na carta máxima, conjugando-se para encontrar o equilíbrio necessário para a proteção do meio ambiente em sentido amplo (qualidade de vida e dignidade humana).

A sociedade contemporânea necessita reavaliar as descobertas no campo científico sem obscurecer os enormes desafios sociais, econômicos e éticos que as nanotecnologias carregam ao serem consideradas como as principais fontes do progresso humano. O estudo demonstra que a relação do mercado emergente das nanotecnologias com a saúde humana e o

meio ambiente, por exemplo, será determinante para a fortificação ou enfraquecimento do desenvolvimento sustentável, pois elas já fazem parte da nossa realidade. À vista disso, para que a sustentabilidade se torne eficaz e com sentido, evidencia-se que não basta tão somente o avanço e o desenvolvimento, é necessário o comprometimento de todos os atores, políticos e sociais, para que pratiquem, invistam, planejem e atuem com consciência permanente sobre suas atividades de forma que seja possível conservar o meio ambiente protegido, garantia que deve ser estendida no tempo, assegurando uma existência digna que abranja todas as gerações da forma mais ampla possível, nos termos do art. 170, caput da Constituição Federal.

Nesse sentido, os resultados da presente pesquisa demonstram uma pluralidade de fontes compartilhando informações e conhecimentos para superar a barreira da indeterminação no desenvolvimento das nanotecnologias, discutir e editar normas, padrões, diretrizes ou recomendações em relação as nanotecnologias. Diversas organizações (estatal outras não), no âmbito nacional, para citar algumas: Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia que desenvolvem Nanotecnologia; unidades de pesquisa que atuam em nanociências e nanotecnologias junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN); Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO); Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN); Comitê Consultivo de Nanotecnologias (CCN); Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); empresas; e no âmbito internacional: Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional dos Estados Unidos (NIOSH); Food and Drug Administration (FDA); Royal Society & The Royal Academy of Engineering; Regulamento de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas da União Européia (REACH); Comitê Científico da Segurança dos Consumidores (SCCS); Fundação Nacional de Ciência (NSF), Organização Internacional de Normalização (ISO), Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA), Conselho Internacional em Nanotecnologia (ICON), Uma abordagem europeia comum para o teste regulador de nanomateriais fabricados (NANoREG), entre outros citados ao longo da pesquisa.

De maneira geral, as descobertas do estudo mostram que os resultados convergem no sentido de apontar possíveis efeitos indesejáveis da manipulação da matéria em escala nanométrica. Estudos confirmam que há indícios de riscos atrelados a manipulação, especialmente quando inalados, absorvidos ou ingeridos, seja pela via intencional ou não. Além disso, quanto menores as partículas, maior a sua reatividade química, podendo ter maior biodisponibilidade e bioatividade caso acesse o organismo humano. Outro dado importante,

diz respeito ao comportamento das nanopartículas no que se refere a mobilidade (ar, água ou solo), pois apresentam características próprias que dependem da avaliação dos parâmetros de propriedades físico-químicas, tais como: perfil granulométrico incluindo tamanho de partículas e sua distribuição, graus de aglomeração e agregação do nanomaterial, química de superfície, morfologia, solubilidade, densidade, estabilidade, e porosidade, difusão, decomposição, entre outras.

Os trabalhos científicos apontados ao longo da pesquisa, realizados em laboratório e sob condições controláveis, registraram efeitos nocivos e perigosos quando testados em meio aquáticos, peixes, minhocas e camundongos. Ainda que todos sejam considerados incipientes, apresentaram algum tipo de risco (inflamação de tecidos, neurotoxicidade, contaminação do solo, pulmonares e cardiovasculares), motivo pelo qual as agências responsáveis recomendam a adoção do princípio da precaução, uma vez que esse tipo de diagnóstico ainda desafia a produção de métodos de avaliação e gestão dos riscos, sendo que qualquer possibilidade de materialização ameaça o objetivo da sustentabilidade. Sendo assim, a probabilidade de ocorrer algum tipo de evento de magnitude considerável leva a utilização do conceito de risco com maior intensidade para reformular posturas e auxiliar na tomada de decisões, ladeada sempre pela consideração da avaliação custo-benefício de cada nova aplicação nanotecnológica.

A pesquisa perspectivada pelo ângulo do método sistêmico, visando uma observação de segunda ordem, contribui para a identificação dos meios de comunicação dos sistemas sociais e de seus subsistemas para entender o comportamento, absorver as inseguranças e reduzir as complexidades. Torna-se possível dado que a pesquisa indica a existência de um processo de operação interno de comunicação (auto-observação) em cada sistema, onde há expectativas, produzindo assim, a diferença entre informações e o ato de comunicação para que haja uma mudança de estado no próprio sistema com a produção de uma nova decisão/risco, de aceitação ou recusa, que as instituições precisam garantir. Nessa linha, o entendimento político de governança dos riscos à luz da precaução - interpretada e invocada como diretriz para orientar e fornecer os critérios para a tomada de ações -, impulsiona e permite a prática de decisões no domínio do risco. Atua como guia e compreende três elementos de interpretação a ser considerado para aplicação, a existência de: suficiente ameaça grave, a incerteza científica quanto a causa-efeito, ou então quando exista a necessidade de alguma ação regulamentar.

No tocante as nanotecnologias, existe uma dificuldade na sua interpretação e aplicação em face da ausência de critérios universalmente aceitos, enfraquecendo sua efetividade, contudo não impede a aplicação em caso de sérios perigos ou até mesmo sua irreversibilidade

(Princípio 15 da declaração do Rio), segundo avaliação de cada caso concreto, permitindo que seja invocado em caso de risco a saúde ou ao meio ambiente. Leva-se em conta os critérios e a noção do que seja irreversível, tendo que o dano ambiental de toda forma incorpora a irreversibilidade na medida que atinge diretamente a qualidade de vida e a saúde humana, já que eventuais lesões corporais ou até mesmo a morte, não é passível de retornar ao estado anterior. Aponta também a ideia de ambiguidade, dificuldade na compreensão em relação ao duplo significado da irreversibilidade, pois a decisão de aplicação do princípio pode também comprometer o desenvolvimento ou impactar nas condições sociais criando situações até mesmo a irreversibilidade, quando detectado tardiamente que a decisão foi injustificada, exagerada ou até mesmo ilusória.

Na verdade, as particularidades das nanotecnologias e o estado da arte atual não permitem uma abordagem e identificação clara de como e quais seriam os critérios de classificação dos riscos (fraco, médio, alto). Revela apenas uma noção a partir de dados muito vagos do que se considera como danos potencialmente graves, quando deveriam estar associados a uma escala de probabilidade/improbabilidade, com critérios claros para a percepção entre riscos e benefícios, bem como da aceitação/rejeição e distribuição de seus impactos.

No plano formalista, com as amarras do positivismo, a Lei não consegue o alargamento suficiente para reduzir as incertezas, resolver e dar respostas as ambiguidades relacionadas com as nanotecnologias, senão pela comunicação e nivelamento entre as diferenças dos riscos produzidos à luz da precaução, focada em geral para evitá-los. O grande desafio está em determinar quais são os riscos em sentido amplo, quando sequer se tem uma definição de quais são na realidade produzidos pelas nanotecnologias em sentido *restrito*, condição que permite aplicar a precaução.

O levantamento do panorama regulatório das nanotecnologias evidencia que ainda pode levar algum tempo até que se chegue a um marco normativo legislativamente construído. As posições exibidas demonstram diversos pontos de vistas, muitos deles preocupados com o engessamento ou barreiras que um marco regulatório pode gerar para a pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia. Os projetos de lei em andamento, conforme ressaltado no decorrer da dissertação, ainda necessitam de (re)adequação, muitos pontos exibem lacunas a serem preenchidos e aperfeiçoadas pelo contato com a multiplicidade de fontes e áreas do conhecimento, para isso, o debate e diálogo público, aberto e transdisciplinar, direcionará as perspectivas que atendam a todos os interesses envolvidos, equilibrando-se os pontos divergentes para que se obtenha o resultado

equilibrado, equacionado com os valores estabelecidos e essenciais ao desenvolvimento sustentável das nanotecnologias. Ao lado disso, não se pode negar a emergência de um marco regulatório – nanorregulação – formado por um variado conjunto composto por recomendações, orientações, guias de boas práticas, entre outros, provenientes de órgãos e agências governamentais, especialmente internacionais. Não se pode negar que esse arcabouço normativo não seja Direito, ou não tenha condições de gerar efeitos jurídicos no âmbito do ciclo de vida dos nanomateriais e das possibilidades trazidas pelas etapas da logística reversa.

A cerca disso, constata-se que, a hipótese lançada resta confirmada, uma vez que os princípios ambientais condicionam e possibilitam a construção de um paradigma sustentável e de responsabilidade (nano)ambiental, levando em consideração as condicionantes para aplicação da logística reversa no contexto da (nano)regulação.

Evidenciou-se pelo estudo que os obstáculos para uma adequada nanorregulação está diretamente relacionado com a ausência de conhecimentos científicos relevantes e ampla participação de todos os interessados. Nesse sentido, face a indeterminação das normas, a jurisprudência nacional (instância de definição do direito) vem se posicionando (definição do que é o direito) pela aplicação da precaução como norteador das relações entre desenvolvimento e iniciativa privada que impliquem em riscos ambientais condicionada a existência de uma ameaça de danos graves ou irreversíveis ou a ausência de certeza científica absoluta, como no caso de insuficiência de dados razoáveis (total ou parcial) de segurança ou prováveis consequências da exploração e liberação de atividades ou produtos nanotecnológicos no mercado (definição de quais são os critérios da decisão).

Dessa forma, contribui para a confirmação da hipótese lançada pela pesquisa. As decisões que condicionam a aplicação dos princípios ambientais, como por exemplo o caso abordado pelo julgamento da liberação dos milhos geneticamente modificados no Paraná, apesar de incipientes, dialogam e são paradigmáticos para construção da sustentabilidade e responsabilidade nanoambiental. Observadas as particularidades do caso concreto, ainda são nulas as situações tuteladas pelo judiciário no tocante a conflitos que envolvam os riscos de atividades ou produtos nanotecnológicos, em todo caso as instituições (Tribunais) quando provocadas a decidir não podem se abster da solução sobre questões que envolvam a potencialidade de riscos ou prejuízos à saúde humana e ambiental, tais questões, particularmente de cunho social, devem ser respondida, ainda que na ausência de previsão normativa específica, para isso existe um amplo acervo de instrumentos jurídicos a ser

explorados, como exemplo, os instrumentos de proteção ambiental, sob o qual o manto constitucional deve recair.

Além disso, a exploração do mercado a partir da produção de (nano)manufaturados significa uma potencial fonte de produção de riscos, que segundo o princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, reclama por um tratamento jurídico fundado nos princípios ambientais, particularmente na precaução, para que em ato contínuo permita a formatação das situações de regulação, o que exige uma ampla publicização dos conhecimentos e políticas para gestão dos riscos irradiados pelo princípio da informação. Nesse sentido as novas demandas sociais provocadas pela exploração das nanotecnologias são desafiadoras, remetem a uma nova dimensão de responsabilidades das quais o Direito vai ter que atuar como colaborador, fornecendo as ferramentas e soluções. O presente estudo destaca, além do EIA/RIMA e Sistema de Logística Reversa (SLR), a responsabilidade compartilhada pós-consumo como forma de responder pelos riscos e danos produzidos, seja por causas naturais, antropogênicos ou mistos, fortalecendo a proteção dos interesses e expectativas gerais.

Sendo assim, a redução das incertezas e insegurança que circundam as nanotecnologias requer uma ampla abordagem multidisciplinar para o gerenciamento de riscos, adotando-se uma rede de cooperação interdisciplinar permanente como método, na medida que as instituições precisam formar um acervo informativo suficientemente capaz de traduzir a probabilidade/improbabilidade de riscos, bem como uma amplitude e dimensionamento das perspectivas de danos em um programa de decisões eficiente em obter soluções no contexto democrático.

Convém destacar que a instrumentalização do EIA/RIMA – inclusive da possibilidade de sua adaptação para o uso em estudos voltados ao impacto do produto – e do Sistema de Logística Reversa (SLR), pode constituir-se como interface entre Direito e Economia, na medida que provocam a observação adequada de vários pontos da realidade e permitem irritações recíprocas, articulações e ajustes de especificidades suficientes para a reconhecimento dos interesses ligados a conservação do meio ambiente e exploração da atividade econômica, conciliando-se o conceito de sustentabilidade. Nesse ponto, tais mecanismos podem ser elementos chaves do processo de decisão, pois além de estabilizarem as relações e estruturas sociais (consenso prático ou adesão do maior número de atores sociais), promovem a comunicação com o desenvolvimento tecnológico, na medida que provoca uma maior aceitação pública sobre os riscos e assegura a responsabilidade pós-consumo dos fabricantes por eventual dano ambiental decorrente da inadequada destinação

final de resíduos sólidos. Responsabilidade essa, considerada objetiva, conforme disposto na Lei nº 7.347/85 (ACP) e artigos 3º e 14, § 1º da Lei nº 6.938/81 (PNMA), impondo aos fabricantes adoção de providências em relação a destinação final e ambientalmente adequada dos produtos considerados potencialmente poluidores, sob pena de ser enquadrado como agente poluidor, seja ele causador direto ou não, na forma do art. 3º, incisos III e IV, da Lei n. 6.938/1981 (PNMA). Responsabilidade igualmente estendida a todas as etapas que envolvem o desenvolvimento do produto: a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final (ciclo de vida do produto), na forma do art. 3º, IV da Lei 12.305/10 (PNRS).

Verificou-se da mesma forma que a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, chamada compartilhada, nos termos do art. 3º, XVII da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei 12.305/10, determina um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas entre os diversos atores que podem a vir ser responsabilizados por eventuais riscos da atividade e ou dano ambiental concreto. Em outras palavras, cada ator, individualmente deve criar instrumentos e métodos de gerenciamento de resíduos para impedir a produção de riscos ou potenciais danos à saúde humana e ambiental, com gestão de informações completas sobre implantação, operacionalização e resultados obtidos junto ao órgão fiscalizador competente.

Assim, a partir da direção que os julgados nacionais tendem a seguir quando conectados a análise da gestão de riscos e da logística reversa (responsabilidade pós-consumo) irradiada pelos princípios ambientais face a aplicação de novas tecnologias, pode-se inferir que existe uma tendência incipiente, mas crescente que revela uma nova abordagem e visão sobre as questões que afetam o ser humano e o meio ambiente, induzindo no meio social uma redução da complexidade produzida pela indústria e pelo consumo (des)informado dos produtos do ramo das nanotecnologias aplicada ao setor de aparelhos eletrônicos ou de informação.

Durante o desenvolvimento da dissertação, o exame do cenário dualista das nanotecnologias e a falta de uma nanorregulação específica demonstra que a operação produz o seu próprio processo de observação e autocontrole e não estabelece uma percepção dos riscos imediata - já que pode acabar sendo distorcida pela construção social ou política-, sobre as quais a sociedade avalia a relação entre riscos e benefícios. A partir das possibilidades desveladas pela aceitação de qual risco e de quem os produz, surge também condições e oportunidades para criação de novos espaços para aplicação do direito, com capacidade de responder as expectativas mais gerais enquanto permanece a existência do vácuo nanoregulatório a ser preenchido. O estudo demonstra que enquanto permanecer essa lacuna

aberta há grandes chances da construção da noção de um modelo nanoambiental sustentável e de responsabilidade acabar sendo negligenciado ou permitindo a formação de zonas de instabilidade, com o correspondente enfraquecimento das instituições de proteção dos interesses e expectativas públicos ou privados.

Assim resta mais uma vez confirmada a hipótese delineada no início dessa dissertação, pois é nesse cenário que a adoção do sistema de gestão pela logística reversa, à luz dos princípios ambientais, condicionam e possibilitam a construção de um paradigma sustentável e de responsabilidade nanoambiental, revela-se, portanto, uma importante fonte de diálogo transdisciplinar, fornecendo condições para auxiliar a (re)avaliação dos fatores de riscos produzidos pelos resíduos (nano)tecnológicos em cada etapa do ciclo de vida de um (nano)produto, permitindo a recursividade dos processos de observação pelo sistema jurídico de modo que possa operar e fazer distinções com o meio externo, essencial para entender a contingência e pluralidade de certezas da sociedade moderna, bem como criar as condições para que as organizações produtoras de decisões possam conferir a proteção e segurança necessária as presentes e futuras gerações.

Ao longo da pesquisa, a logística reversa se evidencia como uma ferramenta estratégica a ser explorada, posto 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 disposição inadequada de materiais nanoengenhierados. Representa uma possibilidade de reduzir as chances de probabilidade na ocorrência de efeitos indesejados das nanotecnologias (incertos), bem como promove uma coleta e monitoramento de dados, visto que a responsabilidade compartilhada perpassa por todas as etapas do ciclo de vida dos produtos (art. 3º, IV da Lei 12.305/10), formando um verdadeiro inventário ou banco de dados sobre os produtos nanotecnológicos, reforçando e dando sustentação para a tomada de decisões que envolvam evidências de riscos humanos e ambientais.

Progressivamente, os resultados revelam que a própria positividade permite que haja uma transformação na sua estrutura, auto observando-se para cumprir sua função redutora da complexidade. A gestão dos riscos pela logística reversa, disponível no sistema como estrutura já existente, pode vir, como dito anteriormente, a produzir informações relevantes a partir de outros sistemas, mas que possam ser internalizadas ao Sistema Jurídico mediante (re)adequação da codificação binária Direito/Não Direito para uma codificação de probabilidade/improbabilidade, vindo a constituir-se em uma solução social para

autorreferência, edificando um caminho para a tomada de decisões e aplicação do Direito no cenário de complexidade e contingência (única certeza) produzido pelas nanotecnologias.

Os resultados da investigação sobre a estratégia, gradativamente, assevera que a implementação da logística reversa (art. 33 da PNRS) e do monitoramento de cada etapa do ciclo de vida do (nano)produto conduz a uma abertura cognitiva policontextual na medida que reconhece a fragmentação das possibilidades produzidas em cada etapa. Ladeado a isso, os responsáveis pela cadeia produtiva estão condicionados a produzir uma comunicação (mensagem/informação/compreensão) sobre a análise dos riscos que será evidenciado pela utilização de modelos de programa de gestão (framework/árvore de decisão, entre outros) que orientam as ações e fomentam a continuidade de pesquisas para mitigação dos impactos negativos do desenvolvimento e ou uso das nanotecnologias.

Nesse caso, utiliza-se, a partir do próprio Direito Positivo, observando-se os dois lados do Direito (estratégias cognitivas e normativas), dando maior ênfase a abertura cognitiva do sistema para que (re)pense os paradoxos como algo que possa ao mesmo tempo opor, mas também complementar-se simultaneamente, de modo que reduza a complexidade e a contingência, produzindo expectativas de comportamentos sociais recíprocos, orientadas a partir das próprias expectativas. Em outras palavras, a própria prática/técnica jurídica possibilita a auto-observação necessária para a operação e estabilização do Sistema do Direito, que tem a capacidade de (re)definir internamente o sentido capaz de selecionar as informações compatíveis para se auto observar e fazer distinções com o ambiente para continuar operando. Vale lembrar que nesse movimento o sistema do Direito evolui para reduzir a complexidade, mas ao mesmo tempo produz novas indeterminações, ou seja, mantém permanente a presença do risco como meio de comunicação e ligação com o futuro, o que requer o frequente emprego de métodos ladeados a princípios ambientais para a consecução e construção de um modelo nanoambiental sustentável.

A análise objeto da dissertação não tem por finalidade esgotar o tema ou solucionar os problemas contemporâneos por meio de representações substitutivas, mas visou apresentar uma visão holística sobre a contingência e complexidade das nanotecnologias de modo a fomentar o debate e a produção de novos contornos para a gestão dos riscos a partir da produção de respostas jurídicas adequadas à nova realidade da sociedade que se deseja, em condições de conviver com a incerteza das múltiplas certezas (fragmentações) e os riscos que valha a pena assumir para essa nova formatação social.

Portanto, mais do que determinar certezas científicas dos riscos e potenciais danos que o desenvolvimento das nanotecnologias possam causar, necessária para aplicação do princípio

da precaução, a dissertação demonstra a aplicabilidade da Logística Reversa como uma alternativa que abre espaço para programas de decisões flexíveis, considerando a sensação de (in)certeza e (in)segurança das nanotecnologias, para se trabalhar então com medidas sofisticadas de diversos tipos de conhecimentos, valorizando-se tanto a quantidade de dados científicos da avaliação e gestão dos diversos tipos de riscos mais relevantes que as nanotecnologias possam produzir (o conhecido) quanto o que ainda está por ser descoberto a partir do seu desenvolvimento monitorado, responsável e comprometido com a sustentabilidade, estruturando uma auto-organização e informação/comunicação permanente em relação aos riscos.

As respostas do presente estudo indicam que a sua aplicação certamente vem de alguma forma preencher o inacabado e transitório conhecimento científico, na medida que influencia na transformação contínua do sistema jurídico, bem como na formação de uma maior tolerância social, inclusive, sobre quais riscos deve haver uma maior preocupação (percepção) ou de como e de que maneira os comparar, levando-se em consideração a impossibilidade de controlar e assimilar a curto prazo os riscos nanotecnológicos. Tudo depende, portanto, de redimensionar o ponto de observação para selecionar as provas, pesquisas e evidências (expectativas) acerca dos graus e causas possíveis dos riscos nanotecnológicos analisados pela gestão permanente (hierarquização e relevância de riscos) e o que pode ser, nessas condições, (re)modelado ou aperfeiçoado a partir da gestão de informações, considerando-se a existência da responsabilidade compartilhada e procedimentos em cada etapa da logística reversa (guia da comunicação).

Na medida que permanece a lacuna legislativa em relação a nanorregulação, a previsão normativa instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), torna-se uma solução ou um ponto de equilíbrio, permitindo relacionar o Direito com a política e a sociedade, já que permite ao aplicador do Direito instrumentalizar os princípios e institutos reconhecidos pela dogmática jurídica (programação condicional – fechada), mas também romper com essas amarras em outro sentido (programação finalística – aberta), modelando a capacidade de (re)estruturação interna a partir de si mesmo (autorreferência e variações), abrindo-se também para um espaço de diálogo transdisciplinar (contato e comunicação jurídica com a periferia do sistema) que permite uma zona de impacto (acoplamentos, irritações e ressonâncias) e a adoção de ações e soluções mais eficazes (alteração das estruturas internas) que convergem para uma atuação horizontalizada com as boas práticas de gestão das empresas (autorregulação e responsabilidade social), alargando sua atuação para o monitoramento do ciclo de vida do (nano)produto e promovendo uma melhoria contínua na

(re)avaliação dos riscos das nanotecnologias e se necessário alteração dos rumos e responsabilidades da sua exploração. Isso se dá na medida em que inexiste garantias de que a tomada de decisões e escolhas sejam as mais acertadas para cada contexto de análise (contingência), permite assim que a recursividade da observação recaia sobre outras alternativas ou estimule a correção e ou (re)avaliação de todo tipo de consequências para produção de novas decisões. A partir da contínua gestão dos riscos, monitoramento logístico e responsabilidade compartilhada (vínculo institucional PNRS – Art. 3º, IV, XII e XVII, Lei 12.305/10) dos produtos nanotecnológicos, viabiliza-se e impõe-se a assimilação da comunicação das observações geradas pelos outros sistemas, produz um elo com o futuro, com a confiança da promessa e do alerta sobre qualquer tipo de quebra ou rompimento com a expectativa do desenvolvimento nanotecnológico (benefícios).

Em ambas situações, muito embora haja uma redução da complexidade, a incerteza não cessa, permanece presente a cada nova possibilidade de decisão (circularidade da complexidade, seleção e contingência), o que implica dizer que o resultado mais importante está em desenhar ações e medidas paulatinamente para atribuir a maior segurança possível no desenvolvimento de novas tecnologias (proporcionalidade dos riscos e aceitação social), segundo critérios precaucionais e soluções de controle da produção e comercialização, por meio de processo comunicacionais eficientes que abordem o conhecimento disponível e válido sobre emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (art. 225, V, Constituição Federal). Para isso, uma relação de maior comunicação entre o sistema do Direito com os demais sistemas, particularmente com o sistema da ciência. Esse ponto de contato, inclusive com as organizações, pauta e concentra as fontes de informações mais relevantes para assimilação e maior êxito na tomada de decisões focadas em minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e a qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos nanotecnológicos (art. 3º, XVII, PNRS), expressivamente sobre a potencialidade de danos irreversíveis ou de difícil reparação, concretizando-se assim, o direito fundamental de sustentabilidade - proteção da saúde humana e ambiental (sadia qualidade de vida) -, sem com isso impor algum tipo de posição extremada de (ir)restrição ao interesse econômico no desenvolvimento das nanotecnologias.

Aliás, importante registrar que a pesquisa não tem por objetivo desenhar meios limitadores do desenvolvimento das nanotecnologias a partir da abordagem da comunicação dos riscos socioambientais e pelo emprego da logística reversa, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, mas sim, reconhece que o sistema do Direito, como estrutura da

sociedade, sozinho não dá mais conta de reorganizar a complexidade social contemporânea, portanto, precisa desenvolver sua capacidade de operação ampliando o seu campo de observação e interação social (comunicação). Assim, concentra, desenvolve e prospecta uma maior abertura comunicativa entre a ciência e o Direito, justamente para encontrar o equilíbrio necessário e o sentido jurídico-social para sua continuidade, segundo critérios sustentáveis, desenvolvendo-se alternativas para o fluxo de desenvolvimento pela autorregulação e boas práticas de gestão responsável das organizações. Para tanto, ladeado pela evolução do sistema do Direito, compatibilizado com as seleções de sua própria operação e estrutura interna (código e programação), a partir dos acoplamentos que pode fazer com os demais sistemas funcionais (política, ciência, economia, entre outros), bem como pela observação dos demais sistemas da sociedade. Precisamente pela leitura feita pelos art. 225 da Constituição Federal e ao princípio nº 15 contemplado na Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), de modo que seja considerada a essencialidade do amplo debate sobre a questão da produção de resíduo sólido nanotecnológico e pelo monitoramento do ciclo de vida dos nanomateriais à luz dos princípios da prevenção, precaução e informação. Não somente para transferir os riscos para outras instâncias, mas essencialmente para produzir ressonâncias coerentes e compatíveis com as estruturas internas do Sistema para sua evolução: a construção de possibilidades ambientalmente sustentáveis, de forma integrada com a sociedade e demais atores envolvidos (especialmente com as organizações produtivas) no desenvolvimento das nanotecnologias.

A partir da comunicação dos riscos intrassistêmica (gestão jurídica) e/ou extrassistêmica (organizações) estar-se-ia compatibilizando (harmonizando) expectativas comportamentais recíprocas de sustentabilidade, focada em expandir a limitação cognitiva dos sistemas (ampliação e assimilação do conhecimento) e minimizar danos por meio do implemento da logística reversa (vinculação com o futuro), para atuação mais aberta e conjunta (congruência generalizada) nas três dimensões: temporal (norma), social (instituições) e prática ou material (programas de decisão) permitindo caminhos coerentes para a evolução do Direito como estrutura social redutora das complexidades nanotecnológicas. Nesse sentido, a audiência pública também tem sido um dos mecanismos de contato com a pluralidade de fontes, fomentando o entendimento e fortalecendo a relação das múltiplas posturas multidisciplinares expostas, onde todos os conhecimentos produzidos até o momento são comunicados publicamente, sendo possível identificar a participação democrática de diversos atores sociais interessados no desenvolvimento sustentável e na participação da formulação de marcos nanorregulatórios para uma formatação flexível que

atenda aos diversos interesses envolvidos, sem que haja uma obstacularização ou freio das pretensões de pesquisas e desenvolvimento ou da exploração pelo setor produtivo (manufatura).

Por fim, do panorama geral delineado ao longo da dissertação, procurou-se também demonstrar que a dogmática jurídica, enquanto meio de reflexão do sistema jurídico, precisa dialogar com as fontes de outros sistemas e organizações, a partir de uma flexibilização das amarras normativistas verticalizadas, buscando uma atuação horizontalizadas para que o Direito possa operar de forma diferenciada e satisfatória, com respostas sofisticadas e adequadas ao grau de complexidade da sociedade contemporânea. Da mesma forma, a teoria dos sistemas, em especial pelo estudo da obra sociologia do risco, encaminhou a problemática e permitiu uma observação e descrição mais clara da realidade, alicerçando o debate sobre as mudanças necessárias, emergindo-se daí um ponto de partida como meio de irritar os outros subsistemas, qual seja, a inclusão ou exclusão de possibilidades, nela compreendida, dentre outras, a (re)adequação de institutos já existentes no interior operativo do sistema jurídico (EIA/RIMA, Logística Reversa, Responsabilidade Compartilhada), pois são mecanismos que o direito pode se valer, permitindo a legitimação das decisões acerca das nanotecnologias, sem contudo, comprometer ou afetar a autorreferência própria de cada subsistema que compõe a sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS

“A VIDA biológica tornou-se tema e objeto político”. Entrevista com Adriano Premebida. [22 fev. 2008]. *Instituto Humanitas UNISINOS*, São Leopoldo, 22 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/12253-a-vida-biologica-tornou-se-tema-e-objeto-politico-entrevista-especial-com-adriano-premebida>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ABORDAGEM ESTRATÉGICA PARA A GESTÃO INTERNACIONAL DE PRODUTOS QUÍMICOS (SAICM). *About SAICM*. Geneva, 2015. Disponível em: <http://www.saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=473>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ADEDE Y CASTRO, João Marcos. *Direito ambiental positivo versus princípios de direito ambiental: um falso dilema*. São Paulo: LTr, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Apresenta notícia sobre pesquisas com nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 9 abr. 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/noticia_detalhe.aspx?i=2512>. Acesso: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Cartilha sobre nanotecnologia*. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília, DF: ABDI, 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2011. p. 17-18. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Panorama nanotecnologias*. Brasília, DF: ABDI, 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Relatório de acompanhamento setorial: nanotecnologia na área de saúde: mercado, segurança e regulação*. Brasília, DF: ABDI, 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Diagnóstico institucional de nanotecnologia*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/fb117d80436c3cacb1b5b72a042b41f5/Diagn%C3%B3stico+Institucional+de+Nanotecnologia+-+CIN+2014+-+Dicol.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso: 24 jun. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Instituído Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa*. Disponível em: <<http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/cUP2>>. Acesso: 24 jun. 2015.

ALEXY, Robert. *Teoria dos direitos fundamentais*. São Paulo: Malheiros, 2011.

ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. *Nanobiotecnologias, biopolítica e novas sociabilidades*. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/534.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010.

ANVISA cria comitê interno de nanotecnologia. *Portal Brasil*, Brasília, DF, 21 ago. 2014 Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/08/anvisa-cria-comite-interno-de-nanotecnologia>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ARCURI, Arline; VIEGAS, Maria de Fátima Torres Faria; PINTO, Valeria Ramos Soares. Nanotecnologia e os potenciais riscos aos trabalhadores. In: SILVA, Tania Elias Magno da; WAISSMANN, William (Org.). *Nanotecnologias, alimentação e biocombustíveis: um olhar transdisciplinar*. Aracaju: Criação, 2014.

ARRUDA, Arlete Aparecida Hildebrando de. *Análise dos processos decisórios em face dos riscos tecnológicos a percepção de riscos, as consequências dos acidentes e os gestores públicos na cidade de Canoas?* 2010. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Universidade do Vale do rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/tede/ArleteArrudaCienciasSociais.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS (ANPEI). *IBN*. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.anpei.org.br/ibn>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

AUSTRALIA studies reveal potential health, safety risks of nanotech. *Safety+Health*. [S.l.], 03 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/australia-studies-reveal-potential-health-safety-risks-of-nanotech>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BARRETTO, Vicente de Paulo (Coord.). *Dicionário de filosofia do direito*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

BARROS, Octavio de; GIAMBIAGI, Fabio (Org.). *Brasil globalizado: o Brasil em um mundo surpreendente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. Desenvolvimento Sustentável e a Questão dos Resíduos sólidos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; PINHEIRO, Maria Andrade; CAIXETA-FILHO, José Vicente. Resíduos sólidos e os aspectos ambientais e tecnológicos. In: BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, 2011. p. 124.

BAUMAN, Zygmunt. *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora Uesp, 2012.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma nova modernidade*. São Paulo: Ed. 34, 2011.

BERGESON, Lynn L. *EPA announces centers for the environmental implications of nanotechnology*. [S.l.], 25 set. 2008. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2008/09/epa-announces-centers-for-the-environmental-implications-of-nanotechnology/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

BERGESON, Lynn L. *PEN announces report on contaminated site remediation*. [S.l.], 21 Jul. 2009. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2009/07/pen-announces-report-on-contaminated-site-remediation/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. *Sun opens survey on risk management of nanotechnology*. [S.l.], 22 jun. 2015. Disponível em: <<http://nanotech.lawbc.com/2015/06/sun-opens-survey-on-risk-management-of-nanotechnology/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BERLINGUER, Giovanni. A ciência e a ética da responsabilidade. In: NOVAES, Adauto. *O homem-máquina: a ciência manipula o corpo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.

BERNARDES, Márcia Nina. Globalização. In: BARRETTO, Vicente de Paulo (Coord.). *Dicionário de filosofia do direito*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

BOEIRA, Sérgio Luís. Sustentabilidade e epistemologia: visões sistêmica, crítica e complexa. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce; FERNANDES, Valdir (Ed.). *Gestão de natureza pública e sustentabilidade*. São Paulo: Manole, 2012. p. 211.

BOESING, Ivan Jorge; MARTINS, Mirkos Ortiz. Computação biológica e nanotecnologia. In: BOESING, Ivan Jorge; MARTINS, Mirkos Ortiz (Org.). *Inteligência artificial: diálogos entre mentes e máquinas*. Porto Alegre: Evangraf, 2014.

BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2012.

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

BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Paraná: Honoris Causa, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso: 24 jun. 2015.

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/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985*. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7347orig.htm> Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990*. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002*. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003*. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm> Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005*. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1o do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória no 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei no 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

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/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. *Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011*. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5o, no inciso II do § 3o do art. 37 e no § 2o do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *De cosméticos a engenharia civil, nanotecnologia faz parte do cotidiano*. Brasília, DF, 25 jul. 2014. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/home?p_p_auth=oPx1hnxg&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=19163&_101_type=content&_101_urlTitle=de-cosmeticos-a-engenharia-civil-nanotecnologia-faz-parte-do-cotidiano&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mcti.gov.br%2Fnoticias%3Fp_p_id%3D3%26p_>

p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_keywords%3Dnanotecnologia%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Agenda 21*. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *MMA em números: resíduos sólidos*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>>. Acesso: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Política nacional de resíduos sólidos*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Fundacentro estuda impacto da nanotecnologia no trabalhador*. São Paulo, 02 jun. 2008. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/imprensa/fundacentro-estuda-impacto-da-nanotecnologia-no-trabalhador.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. *Acórdão no recurso especial nº. 972902/RS*. Recorrente: Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. Recorrido: Amapá do Sul S/A. Artefatos da Borracha. Interessado: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Relator: Eliana Calmon da 2ª Turma. Brasília, DF, 25 de agosto de 2009. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=903149&num_registro=200701758820&data=20090914&formato=PDF>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. *Acórdão no recurso especial nº. 684753/PR*. Recorrente: Refrigerantes Imperial Ltda. Recorrido: Habitat Associação de Defesa e Educação Ambiental. Relator: Antônio Carlos Ferreira, 4ª Turma, Brasília, DF, julgamento em 04 de fevereiro de 2014. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=1293012&num_registro=200400800829&data=20140818&formato=PDF>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Superior Tribunal Federal. *ADI 3540 MC*. Requerente: Produtor-geral da República. Requerido: Presidente da República. Interessados: Estado de São Paulo e outros. Relator: Min. Celso de Mello. Brasília, DF, julgado em 01 de setembro de 2005, DJ 03-02-2006 pp-00014 EMENT vol-02219-03 pp-00528. Disponível em: <<http://redir.stf.jr/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=387260>>. Acesso: 24 jun. 2015.

BRASIL. Supremo Tribunal de Justiça. *Acórdão embargos de declaração no recurso especial nº. 1346430/PR*. Embargante: Petróleo Brasileiro S/A Petrobras. Embargado: Odair José Do

Nascimento Dias. Relatório: Luis Felipe Salomão, 4ª Turma. Brasília, DF, julgamento: 05 de fevereiro de 2013. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/revistaeletronica/Abre_documento.asp?sSeq=1206477&sReg=201102230797&sData=20130214&formato=PDF>. Acesso: 24 jun. 2015.

BRASIL. Tribunal Regional Federal (4. Região). *Embargos infringentes nº 5000629-66.2012.404.7000/PR*. Embargante: AS-PTA Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. Embargado: União - Advocacia Geral da União. Relator: Cândido Alfredo Silva Leal Junior, 4ª Turma. Julgado em: 19 de março de 2014. Disponível em: <https://eproc.trf4.jus.br/eproc2trf4/controlador.php?acao=acessar_documento_publico&doc=41395235521868301110000000002&evento=41395235521868301110000000001&key=5a0cdb050f76403c419c272210848305d337b77ee80cc8f9212ad6a1d7af04fc>. Acesso em: 24 jun. 2015.

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*, [S.l.], v. 114–115, 2012. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/aquatox>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRÜSEKE, Franz Josef. *A modernidade técnica: contingência, irracionalidade e possibilidade*. Florianópolis: Insular, 2010.

BRÜSEKE, Franz Josef. *A técnica e os riscos da modernidade*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

BRÜSEKE, Franz Josef. Risco e contingência. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 69-80, fev. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?ript=sci_arttext&pid=S0102-69092007000100006&lng=en&nrm=iso>. Access em: 24 jun. 2015.

BUENO, Carolina de Castro. *Emprego e adaptação do método GMP-RAM para avaliação dos riscos das nanotecnologias*. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2011.

BURTET, Giani; PEREIRA, Reginaldo. Princípios da nanotecnologia nos Estados Unidos da América: poder executivo e organizações não-governamentais. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. Disponível em: <<https://editora.karywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CAFFERATTA, Néstor. Los principios y reglas del derecho ambiental. In: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (UNEP). *Quinto programa regional de capacitación en derecho y políticas ambientales*. Disponível em: <<http://www.pnuma.org/gobernanza/PonenciasV Programa.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Eng. *Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-180, jun. 2012 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CARSON, Rachel. *Primavera silenciosa*. São Paulo, Gaia. 2010.

CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 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.

CARVALHO, Délton Winter de. Por uma necessária introdução ao direito dos desastres ambientais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 67, p. 107-145, 2012.

CARVALHO, Délton Winter de. Regulação constitucional e risco ambiental. *Revista Brasileira de Direito Constitucional - RBDC*, São Paulo, n. 12, p. 25, jul./dez. 2008.

CARVALHO, Délton Winter de; DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. *Direito dos desastres*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CASA, G. M. et al. *Inovação tecnológica na sociedade de risco: aportes a partir da filosofia da técnica*. [S.l.]. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1598.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CATALAN, Marcos Jorge. *Proteção constitucional do meio ambiente e seus mecanismos de tutela*. São Paulo: Método, 2008.

CAVALCANTI, Washington Moreira; SOARES, Christianne Lacerda. *Micro e nano manufatura: uma revisão de literatura*. In: SEGeT - SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10., 2013, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/41818470.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CAVALHEIRO, Esper A. A nova convergência da ciência e da tecnologia. *Novos estudos - CEBRAP*, São Paulo, n. 78, p. 28: jul. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n78/04.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

COLPO, Roberto. *Direito de informação para consciência ambiental*. [S.l.], 17 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.zulupa.com.br/colunas/cultura/2011/8/1819/direito-de-informacao-para-consciencia-ambiental>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 55ª Legislatura - 1ª Sessão Legislativa Ordinária. Pauta de reunião ordinária em 25/6/2015 às 10h03. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.camara.leg.br/internet/ordemdodia/ordemDetalheReuniaoCom.asp?codReuniao=39617>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE (CNM/CUT), 2., 2012, São Bernardo do Campo. *Desenvolvimento sustentável: OLT como instrumento de promoção de saúde: cadernos de textos*. São Bernardo do Campo, 2012. p. 17. Disponível em: <<http://www.cnmcut.org.br/midias/arquivo/139-ii-conferencia-nacional-saude-fbaixa.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

CONFERÊNCIA Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. *Em Discussão*, Brasília, DF, n. 3, n. 11, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>>. Acesso: 24 jun. 2015.

CONSELHO INTERNACIONAL EM NANOTECNOLOGIA (ICON). *Ferramenta de análise de nano-EHS banco de dados*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://icon.rice.edu/report.cfm>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução n° 237, de 19 de dezembro de 1997*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

COSTA, Judith Martins. O direito privado como um sistema em construção: as cláusulas gerais no projeto do código civil brasileiro. *Revista de Informação Legislativa*, Brasília, DF, ano 35 n. 139, p. 5, jul./set. 1998. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/383/r139-01.pdf?sequence=4>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

COSTA, Lourenço; MENDONÇA, Fabrício Molica de; SOUZA, Ricardo Gabbay. O que é logística reversa. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014.

CULLETON, Alfredo Santiago; BRAGATO, Fernanda Frizzo; FAJARDO, Sinara Porto. *Curso de direitos humanos*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009.

D'ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14000*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

DA CONFERÊNCIA das Nações Unidas para o meio ambiente humano, em Estocolmo, à Rio-92: agenda ambiental para os países e elaboração de documentos por Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Em Discussão*, Brasília, DF, n. 3, n. 11, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-das-nacoes-unidas-para-o-meio-ambiente-humano-estocolmo-rio-92-agenda-ambiental-paises-elaboracao-documentos-comissao-mundial-sobre-meio-ambiente-e-desenvolvimento.aspx>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

DALCOMONI, Sônia Maria. Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo, Xamã, 2006.

DE GIORGI, Raffaele. O risco na sociedade contemporânea. *Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 45-54, jan. 1994. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15873/14362>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J. R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. *Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 11-24, 2013. Disponível em: <<https://visa.emdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008.

DERRIDA, Jacques; ROUDINESCO, Elisabeth. *De que amanhã: diálogo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2004.

DEXLER, Eric. Os nanossistemas. possibilidades e limites para o planeta e para a sociedade. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009.

DÍEZ, Carlos Gómez-Jara. *A Responsabilidade penal da pessoa jurídica e o dano ambiental: a aplicação do modelo construtivista de autorresponsabilidade à lei 9.605/98*. Tradução de Cristina Reindolff da Motta. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

D'ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14001*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

DOBON, Francesc Jesús Hernández i. *Educación y sociedad de riesgo: Curso de sociología de la educación en la universidad de la habana*. Cuba, 2014. Disponível em: <<http://supervivir.org/archi01/riesgos.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

DOUGLAS, Mary. *Risco e cultura: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

DUARTE, Edson. *Projeto de lei n.º 5.076-C, de 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=66796628BA9A9F732B3E136277CAB410.node2?codteor=337343&filename=Avulso+-PL+5076/2005>. Acesso em: 24 jun. 2015.

DUPAS, Gilberto. *Atores e poderes na nova ordem global: assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação*. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

DUPAS, Gilberto. *Los riesgos de las nanotecnologias: la aplicación de la nanotecnología causará enormes impactos en la sociedad, generará ganancias y provocará inmensos riesgos*. [S.l.], 2008. Disponível em: <http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/los_riesgos_de_la_nano.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

DURAN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Nanotecnologia verde provoca revolução sustentável na agricultura*. Brasília, DF, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. A (re)leitura do direito natural a partir de John Finnis como pressuposto ético para alicerçar "programas de cumprimento" sobre os riscos das

nanotecnologias. In: ROVER, Aires José; SIMÃO FILHO, Adalberto; PINHEIRO, Rosalice Fidalgo (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: FUNJAB, 2013. v. 1, 364-388. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=872d565410349615>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. A origem jusnaturalista dos direitos humanos: o horizonte histórico da declaração universal dos direitos humanos de 1948. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI, 18., Maringá, 2009. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: COPEDI, 2009. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/anais/36/13_1175.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ALDROVANDI, Andrea et al. *As novas tecnologias e os direitos humanos: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: Honoris Causa, 2011.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a inovação tecnológica: a hélice quádrupla e os direitos humanos. In: ENGELMANN, Wilson (Org.). *Seminário nanotecnologias: um desafio para o século XXI* (18 a 21 de outubro de 2010). São Leopoldo: Casa Leiria, 2010.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a propriedade intelectual: Desafios e possibilidades à gestão transdisciplinar da inovação. In: BOFF, Salette Oro; PIMENTEL, Luiz Otávio (Org.). *A proteção jurídica da inovação tecnológica*. Passo Fundo: IMED, 2011.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos desafios: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do direito. *Anuario de Derecho Constitucional Latino-Americano*, Montevideo, ano 17, p. 383-396, 2011. Disponível em: <<http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/dconstla/cont/2011/pr/pr25.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e suas interações com o meio ambiente: dos riscos aos tópicos associados ao nanoambiente. In: SIMPÓSIO DANO AMBIENTAL NA SOCIEDADE DE RISCO, 6., 2011, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: FUNJAB, 2011. 1 CD. p. 998-1024.

ENGELMANN, Wilson. *Direito natural, ética e hermenêutica*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007.

ENGELMANN, Wilson. *Direitos bio-humano-éticos: os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias*. Trabalho publicado nos Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI realizado em Fortaleza - CE em 2010. p. 656. Disponível em: <<http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. *Direitos bio-humano-éticos: os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias*. Trabalho publicado nos Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI realizado em Fortaleza - CE em 2010. p. 656. Disponível em: <<http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. *Estruturando os “compliance programs” a partir dos (possíveis) riscos trazidos pelas nanotecnologias* [No prelo].

ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um

(novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015.

ENGELMANN, Wilson. O biopoder e as nanotecnologias: dos direitos humanos aos direitos da personalidade no código civil de 2002. In: INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS (Org.). *XI Simpósio Internacional IHU: o (des)governo biopolítico da vida humana*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1.

ENGELMANN, Wilson. O diálogo entre as fontes do direito e a gestão do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases à juridicização do risco. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica, anuário do programa de pós-graduação em direito da UNISINOS*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012. v. 9.

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*. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: UNISINOS, 2011.

ENGELMANN, Wilson. *Resistir à desumanização, responsabilizar os atores envolvidos e anteciper os riscos vindouros: desenhando os limites e as possibilidades para as nanotecnologias*. [S.l.], 2013. Disponível em: <http://actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/pn/PN12/P_Engelmann.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea. *O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://ojs.unifor.br/index.php/rpen/article/viewFile/2321/pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. *Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 120, 2013. Disponível em: <www.visa.emdebate.incqs.fiocruz.br>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Desenvolvimento das nanotecnologias, precaução e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. In: Clóvis Eduardo Malinverni da Silveira. (Org.). *Princípios do direito ambiental: atualidades*. Caxias do Sul: EDUCS, 2012. v. 1.

ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Precaução, direito fundamental ao ambiente e equidade intergeracional: desenvolvimento das nanotecnologias, precaução e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. In: SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). *Princípios do direito ambiental: atualidades*. Caxias do Sul: EducS, 2012.

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

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Nanotecnologias e o mundo do trabalho. In: CECATO, Maria Aurea Baroni; NUNES, Claudio Pedrosa; MISAILIDIS, Mirta Gladys Lorena Manzo de. (Org.). *Direito do trabalho I*. 1. ed. Florianópolis: Conpedi, 2014, v. 1, 379-406. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=a56b6ea9b986428c>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Os "compliance programs" como uma alternativa à gestão empresarial para lidar com o direito à informação do consumidor e os riscos trazidos pelas nanotecnologias. In: ROVER, Aires José; Cella, José Renato Gaziero; GALINDA AYUDA, Fernando. (Org.). *Direito e novas tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: CONPEDI, 2014, v. 1, p. 417-433. Disponível em: <<http://publicadireito.com.br/publicacao/ufsc/livro.php?gt=122>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von; SANTOS, Paulo Junior Trindade dos. A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto: a necessária inovação e adaptação do direito para dar respostas jurídicas adequadas. In: SEMANA DE CIÊNCIA POLÍTICA DA UFSCARLOS, 3., 2015, São Carlos. *Caderno de resumos*. São Carlos: Editora da UFSCarlos, 2015. v. 1, p. 63-64. Disponível em: <<http://www.semecip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Wilson-Engelmann.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

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*, São Paulo, v. 69, p. 4, 2013.

ENGELMANN, Wilson; MARTINS, Patrícia Santos. *O princípio da precaução e a DIS ISO 9001:2015* revisão da norma ISO: estabelecendo conexões entre as nanotecnologias e o direito ambiental [No prelo].

ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. *As nanotecnologias no panorama regulatório*: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. *Araucaria*. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, Sevilla, v. 33, p. 151-181, 2015.

ETZKOWITZ, Henri. *Hélice triplíce*: universidade-indústria-governo: inovação em ação. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

FARIA, José Eduardo (Org.). *Direito e globalização econômica*: implicações e perspectivas. São Paulo: Malheiros, 1996-2010.

FARIA, José Eduardo. *O direito na economia globalizada*. São Paulo: Malheiros, 1999.

FARIA, Moreira. *Direito e globalização econômica*. São Paulo: Malheiros, 2010.

FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do ambiente*: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008.

FERNANDES, Maria Fernanda Marques e 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://www.scielo.br/pdf/qn/v31n8/50.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

FERRI, Caroline; GRASSI, Karine. A incorporação do conceito de estado de direito ambiental na teoria do estado constitucionalista e o papel dos princípios de direito ambiental. In: SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da (Org.). *Princípios do direito ambiental: articulações teóricas e aplicações práticas*. Caxias do Sul: Educus, 2013.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. *Curso de direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011.

FOLADORI, Guillermo; BEJARANO, Fernando; INVERNIZZI, Noela. Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y medio ambiente en América Latina y el Caribe. *Trab. educ. saúde* Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 145-167, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tes/v11n1/a09v11n1.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

FORNASIER, Mateus de Oliveira. *Nanotecnologias, transdisciplinaridade e teoria dos sistemas autopoieticos*: apontamentos em prol de uma visão dialogal das ordens jurídicas normativas da sociedade mundial. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=5e4c4233882f7f4d>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

FRATER, L. et al. *An overview of the framework of current regulation affecting the development and marketing of nanomaterials*. ESRC Centre for Business Relationships Accountability Sustainability and Society. BRASS. Cardiff: Cardiff University, 2006. p. 56. Disponível em: <<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090609003228/http://www.berr.gov.uk/files/file36167.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

FREITAS, Carlos Machado de. Avaliação de Riscos dos Transgênicos Orientada pelo Princípio da Precaução. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. Belo Horizonte: Fórum, 2011.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE CIÊNCIA (NSF). *Definição nanotecnologia (NSET, Fevereiro de 2000)*. [S.l.], 2000. Disponível em: <http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp>. Acesso em: 24 jun. 2015.

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

GÓES, Maurício. *Direito do trabalho nanotecnológico: da prevenção e da precaução à proposição de respostas protetivas (adequadas) ao trabalho humano num meio ambiente de trabalho afetado pelos riscos desconhecidos e futuros*. 2014. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/000012/00001235.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

GOMES, Carla Amado. *Direito ambiental: o ambiente como objeto e os objetos do direito do ambiente*. Curitiba: Juruá, 2010.

GOMES, Carla Amado. Subsídios para um quadro principiológico dos procedimentos de avaliação e gestão do risco ambiental. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 140-149, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/1399/1767>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

GOMES, Sérgio Alves. *Hermenêutica constitucional: um contributo à constituição do Estado democrático de direito*. Curitiba: Juruá, 2008.

GONÇALVES, Guilherme Leite. *Direito entre certeza e incerteza*. Horizontes críticos para a teoria dos sistemas. São Paulo: Saraiva, 2013.

GONÇALVES, Guilherme Leite. *Teoria dos sistemas sociais: direito e sociedade na obra de Niklas Luhmann*. São Paulo: Saraiva 2013.

GOULD, Kenneth. *Unsustainable science in the treadmill of production: the declining salience of impact science in environmental conflicts*. Denver: ago. 2012. Paper prepared for the Annual meetings of the American Sociological Association. Disponível em: <<http://rampages.us/goldstein2014/wp-content/uploads/sites/316/2014/08/Gould-Unsustainable-Science.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

GOVERNO cria o SisNano - Sistema de Laboratórios em Nanotecnologias, [S.l.], 11 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=sisnano&id=010175120411#.VX9WDM9Viko>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

GRAF, Ana Cláudia Bento. O direito à informação ambiental. In: FREITAS, Vladimir Passos de. *Direito ambiental em evolução*. Curitiba: Juruá, 1998.

GUAZZELLI, Maria José; PEREZ, Julian. *Nanotecnologia: a manipulação do invisível*. São Paulo: CV Artes Gráficas, 2009. Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

HANDY, Richard D. et al. The ecotoxicology of nanoparticles and nanomaterials: current status, knowledge gaps, challenges, and future needs. *Ecotoxicology*. [S.l.], v. 17, n. 5, p. 315-25, Jul. 2008. Disponível em: <<http://static-content.springer.com/lookinside/art%3A10.1007%2Fs10646-008-0206-0/000.png>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

HANS, Jonas. *O princípio da responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006.

HESPANHA, António Manuel. *Pluralismo jurídico e direito democrático*. São Paulo: Annablume, 2013.

HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão* [No prelo].

HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba: 2014.

HOUSTON, Jenn. *United States department of defense provides \$18.5 Million in new funding to expand nanocomp technologies; nanomanufacturing production capacity*. Merrimack: Technologies & Strategies that Enable R&D, 14 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.nanocomptech.com/title3-2014>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

INICIATIVA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA (NNI). *Perspectivas das partes interessadas sobre a percepção, avaliação e gerenciamento dos riscos potenciais da*

nanotecnologia (R3 Oficina). [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1025>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ISPAS, Cristina et al. Toxicity and developmental defects of different sizes and shape nickel nanoparticles in zebrafish. *Environmental Science & Technology*, [S.l.], v. 43, n. 16, p. 6349–6356, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2744893/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

JAMIESON, Dale. *Ética e meio ambiente: uma introdução*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

JANCZURA, Rosane. Risco ou vulnerabilidade?. *Textos & Contextos*, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 301 - 308, ago./ dez. 2012. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/ojs/index.php/fass/article/view/12173/8639>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

JASCKOVSKI, Cleimara; SULZBACH, Sabine; PEREIRA, Reginaldo. A importância da democracia no âmbito decisório da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

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

JUNGES, José Roque. *Bioética: perspectivas e desafios*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1999.

KRUG, H. F. Nanosafety research—are we on the right track? *Angew. Chem. Int. Ed.*, n. 53, p. 12304–12319, 2014. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201403367/epdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQES). *Comitê Interministerial de Nanotecnologias - CIN*. Campinas, 2012. Disponível em: <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1645.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQES). *MCTI lança a iniciativa brasileira em nanotecnologia*. Campinas, 2013. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2013/lqes_news_novidades_1790.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO (LQS). *A toxicidades das nanopartículas nos produtos de consumo estaria sendo subestimada?* Campinas, 2013. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2013/lqes_news_novidades_1794.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LARENZ, Karl. *Metodologia da ciência do direito*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991.

LAURENT, S. Crucial ignored parameters on nanotoxicology: the importance of toxicity assay modifications and “cell vision”. *PLoS ONE*, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 29997, 2012. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029997>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LAURETH, Waleska Camargo; INVERNIZZI, Noela. Educando a força de trabalho no Brasil: demandas da indústria e ofertas das universidades. *Acta Scientiarum: Human and Social Sciences*, Maringá, v. 34, n. 2, p. 205-216, jul./dez. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/18781/pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LEDESMA, Ana Gimenez. *Metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil*: proposição de um modelo analítico-prospectivo. Dissertação (Mestrado) -- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2010.

LEFF, Enrique. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 2010.

LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial: teoria e prática*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

LEITE, José Rubens Morato; CAETANO, Matheus Almeida. A aproximação à sustentabilidade material no estado de direito ambiental brasileiro. In: ARAGÃO, Alexandra et al. *Agrotóxicos: a nossa saúde e o meio ambiente em questão: aspectos técnicos, jurídicos e éticos*. Florianópolis: FUNJAB, 2012.

LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. *Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012.

LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Apresentação. In: LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do (Org.). *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LEONARD, Annie. *A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

LIN, Sijie et al. Zebrafish: an in vivo model for nano EHS studies. *Small*, Weinheim, v. 9, p. 1608-1618, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4070293/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

LOUREIRO, João Carlos. Constituição, tecnologia e risco(s): entre medo(s) e esperança(s). In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015.

LOURO, Henriqueta; BORGES, Teresa; SILVA, Maria João. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a saúde pública. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 188–200, jul./dez. 2013.

LUHMANN, Niklas. *Introdução à teoria dos sistemas*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

LUHMANN, Niklas. *Sistema jurídico y dogmática jurídica*. Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1983.

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

LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Guadalajara: Universidade Iberoamericana, 1992.

LUHMANN, Niklas. *Sociologia do direito I*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1983.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito à informação e meio ambiente*. São Paulo: Malheiros, 2006.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2009.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2010.

MAGALHÃES, Juliana Neuenschwander. O uso criativo dos paradoxos do direito: a aplicação dos princípios gerais do direito pela corte de justiça europeia. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. p. 287-288.

MARCHESAN, Ana Maria Moreira; STEIGLEDER, Annelise Monteiro; CAPPELLI, Sílvia. *Direito ambiental*. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2004.

MARTIN, Christie. A carbon nano-wired world. *Technologies & Strategies That Enable R&D*, [S.l.], 06 Jul. 2010. Disponível em: <<http://www.rdmag.com/articles/2010/06/carbon-nano-wired-world>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006.

MARTINS, Paulo Roberto; RAMOS, Soraia de Fátima (Coord.). *Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira*. São Paulo: Xamã, 2009.

MATTEDI, Marcos Antônio; MARTINS, Paulo R.; PREMEBIDA, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. *Pensamento Plural*, Pelotas, ano 5, n. 9, p. 115-138, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/pensamentoplural/article/view/3630/2966>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. *Limites do crescimento: a atualização de 30 anos*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

MELO, Helena Pereira de. “No data, no market”: a aplicação do princípio da precaução à nanotecnologia. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade do Porto*, Coimbra, p. 5, 2004. Disponível no site: <www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/HPM10.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

MENDONÇA, Fabrício Molica de; PONTES, André Teixeira; SOUZA, Ricardo Gabbay de. Logística Reversa, Meio Ambiente e Sociedade. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014.

MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. São Paulo: Revista dos Tribunais 2009.

MOLINARO, Carlos Alberto. *Direito ambiental: proibição de retrocesso*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007.

MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015.

MORAES, Kamila Guimarães de. *Obsolescência planejada e direito: (in)sustentabilidade do consumo à produção de resíduos*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

MORAES, Kamila Guimarães de. Panorama atual dos aspectos jurídicos da obsolescência planejada e os novos limites para o século XXI. In: LEITE, José Rubens Morato; IGLECIAS, Patrícia Faga (Org.). *Direito ambiental para o século XXI: novos contornos jurisprudenciais e na regulamentação dos resíduos sólidos*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 209-240.

MOREIRA, Eliane Cristina P. Nanotecnologia e regulação: as inter-relações entre o direito e as ciências. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006.

MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. *Terra-pátria*. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MOURA, Marília; PEREIRA, Reginaldo; VALANDRO, Daiani. Gestão de resíduos tecnológicos e nanomateriais: possíveis contribuições da Lei 13.576 da cidade de São Paulo para o preenchimento das lacunas normativas relativas à gestão de resíduos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. Disponível em: <<https://editora.karywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

MURPHY, Cathy. *Nano in the movies*. [S.l.], Feb. 12, 2015. Disponível em: <<http://sustainable-nano.com/2015/02/12/nano-movies/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. Assembléia Geral. *Declaração universal dos direitos humanos*. Adotada e proclamada pela resolução 217 A (III) da Assembléia Geral das Nações Unidas em 10 de dezembro de 1948. Nova Iorque, 1948. Disponível em: <<http://www.dudh.org.br/wp-content/uploads/2014/12/dudh.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. *Sobre a Rio+20*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/Politiclas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. *Declaração da conferência de ONU no ambiente humano*. Estocolmo, 1972. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

NAÇÕES UNIDAS. *Declaração final da conferência das nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável (RIO + 20): o futuro que queremos*. Rio de Janeiro, 12 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.rets.org.br/sites/default/files/O-Futuro-que-queremos1.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NANOREG – A common European approach to the regulatory testing of Manufactured Nanomaterials. Netherlands, 2015. Disponível em: <<http://nanoreg.eu/index.php/project/project-summary.html>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NANOTECNOLOGIA e segurança do trabalho: impactos toxicológicos e psicológicos. Entrevista especial com Arline Arcuri. [22 out. 2014]. *Instituto Humanitas Unisinos*, São Leopoldo, 22 out. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/536582-nanotecnologia-e-seguranca-do-trabalho-impactos-toxicologicos-e-psicologicos-entrevista-especial-com-arline-arcuri>>. Acesso: 24 jun. 2015.

NANOTECNOLOGIA sustentável: apps ambientais e Implicações EHS. *Nanotech Advanced Materials & Applications*, [S.l.], jun. 2014. Disponível em: <http://www.techconnectworld.com/Nanotech2014/sym/Sustainable_Nanotechnology_Environmental_Apps_EHS_Implications.html>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NANOTECNOLOGIAS: o ponto de vista ambiental. *EcoDebate: cidadania e meio ambiente*, Mangaratiba, 29 out. 2009 Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2009/10/29/nanotecnologias-o-ponto-de-vista-ambiental-3/>>. Acesso: 24 jun. 2015.

NARDOCCI, Adelaide Cássia. Avaliação de risco em toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142012000100005&script=sci_arttext>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE (NNI). *Stakeholder perspectives on the perception, assessment, and management of the potential risks of nanotechnology (R3 Workshop)*. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1025>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

NEDEL, José. *Ética aplicada: pontos e contrapontos*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004

NEUMANN, Franz. *O império do direito: teoria política e sistema jurídico na sociedade moderna*. São Paulo: Quartier Latin, 2013.

NICOLESCU, Basarab. Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. In: NICOLESCU, Basarab *et al.* *Educação e transdisciplinaridade*. Tradução de Judite Vero, Maria F. de Mello e Américo Sommerman. Brasília, DF: UNESCO, 2000.

NODARI, Rubens. Nanotecnologia e meio ambiente. In: MARTINS, Paulo Roberto; DULLEY, Richard (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2008.

NONET, Philipe; SELZNICK, Philip. *Direito e sociedade: a transição ao sistema jurídico responsivo*. Rio de Janeiro: Revan, 2010.

NOVAES, Washington. *Eco-92: avanços e interrogações*. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 79-93, 1992, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v6n15/v6n15a05.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2015.

NUNES, João Arriscado. Um discurso sobre as ciências 16 anos depois. In: SANTOS, Boaventura de Souza (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências revisitado*. São Paulo: Cortez, 2006.

O DEBATE na nanociência exige a definição de um projeto estratégico para o país. Entrevista com Paulo Roberto Martins. *IHU On-Line*, São Leopoldo, ano 4, n. 120, out. 2014. p. 9. Disponível em: <[http://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHU OnlineEdicao120.pdf](http://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHU%20OnlineEdicao120.pdf)>. Acesso: 24 jun. 2015.

OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Avaliação da toxicidade. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira. Fundamentos da toxicologia ambiental. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). Paris, 2015. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *O futuro que queremos*. Rio de Janeiro, 10 jan. 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/esboco-zero/at_download/esboco-zero.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

OST, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

OST, François. *O tempo do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de dezembro de 2006. Relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos, que altera a Directiva 1999/45/CE e revoga o Regulamento (CEE) n.º 793/93 do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1488/94 da Comissão, bem como a Directiva 76/769/CEE do Conselho e as Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE da Comissão. *Jornal Oficial da União Europeia*,

Bruxelas, 29 maio 2007. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:PT:PDF>>. Acesso em: 24 jul. 2015.

PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

PEDRINI, Alexandre de Gusmão; LIMA, José Lindomar Alves de; SÁNCHEZ, Celso. Educação ambiental e trabalhadores no contexto empresarial. In: SÉGUIN, Elida (Coord.). *Meio ambiente do trabalho*. Rio de Janeiro: GZ Ed., 2011.

PEREIRA, André Luiz et al. *Logística reversa e sustentabilidade*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PEREIRA, Reginaldo. *A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia*. 2013. f. 471. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PEREZ, Oren. Precautionary governance and the limits of scientific knowlege: a democratic framework for regulating nanotechnology. *Journal of Environmental Law and Policy*, [S.l.], Apr 2010. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1585222>. Acesso em: 24 jun. 2015.

PIERRI, Naína. El proceso histórico y teórico que conduce a la propuesta del desarrollo sustentable. In: PERRI, Naína; FOLADORI, Guilherme (Org.). *Sustentabilidad? desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Montevideú: Trabajo y Capital, 2001. p. 27-80.

PIERRI, Naína. *Historia del concepto de desarrollo sustentable*. Programa Estrategia Nacional de Educación Ambiental. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires. p. 27-81. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/abc.html#p>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

PILATI, Luciana Cardoso; DANTAS, Marcelo Buzaglo. *Direito ambiental simplificado*. Coordenador José Rubens Morato Leite. São Paulo: Saraiva, 2011.

PINTO, Álvaro Vieira. *O conceito de tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

POHLMANN, Adriana Raffin; GUTERRES, Silvia Stanisçuaski. *Relatório de atividades do grupo de trabalho marco regulatório*. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia organizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

PONTES, A. T.; SOUZA, R. G.; SOUZA, M. R. Preparação e acondicionamento. In: VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay (Org.). *Logística reversa: processo a processo*. São Paulo: Atlas, 2014.

PORTILHO, Fátima. Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, 2005. Edição Temática Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cebape/v3n3/v3n3a05>>. Acesso: 24 jun. 2015.

PROGRESS review on the coordinated implementation of the national nanotechnology initiative 2011 environmental, health, and safety research strategy. *National Nanotechnology Initiative*. [S.l.] 25 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.nano.gov/node/1157>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

PROJECT ON EMERGING NANOTECHNOLOGIES (PEN). *Mission*. Washington, 2015. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/about/mission/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1028-1029, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

RAMOS, Soraia de Fatima et al. Reflexões acerca das nanotecnologias e as novas densidades técnicas-científicas-informacionais na agricultura. *Estud. soc*, México, v. 17, n. 34, p. 317, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v17n34/v17n34a13.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

RESEARCHERS find inhaling nanomaterials may harm lungs. *Safety+Health*. [S.l.], 15 maio 2013. Disponível em: <<http://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/researchers-find-inhaling-nanomaterials-may-harm-lungs>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul. *Apelação cível nº 70061242012*. Décima Câmara Cível, Tribunal de Justiça do RS. Apelante: Carmem Lucia de Almeida Miranda e outros. Apelado: Souza Cruz S/A. Relator: Túlio de Oliveira Martins, Porto Alegre, julgamento em: 23 de outubro em 2014. Disponível em: <http://www.tjrs.jus.br/busca/search?q=&proxystylesheet=tjrs_index&client=tjrs_index&filter=0&getfields=*&aba=juris&entsp=a__politica-site&wc=200&wc_mc=1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&lr=lang_pt&sort=date%3AD%3AS%3Ad1&as_qj=&site=ementario&as_epq=&as_oq=&as_eq=&partialfields=n%3A70061242012&as_q=#main_res_juris>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ROCHA, Leonel Severo. Matrizes teórico-políticas da teoria jurídica contemporânea. *Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 10-24, jan. 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/16136>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade jurídica e estado ambiental. In: SANTOS, André Leonardo Copetti et al. (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica: programa de pós-graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado*. Porto Alegre: Livraria do Advogado; São Leopoldo: UNISINOS, 2006.

ROCHA, Leonel Severo; KING, Michael; SCHWARTZ, Germano. *A verdade sobre a autopoiese no direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.

ROCHA, Leonel Severo; SCHWARTZ, Germano; CLAM, Jean. *Introdução à teoria do sistema autopoietico do direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

ROCHA, Leonel. Teoria dos sistemas sociais autopoieticos: perspectivas de uma matriz jurídica contemporânea. In: ROCHA, Leonel. *Paradoxos da auto-observação: percursos da teoria jurídica contemporânea*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

- ROCHA, Leonel; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, n. 53, p. 9-41, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15090/13745>>. Acesso: 24 jun. 2015.
- RODRIGUES, Leo Peixoto; NEVES, Fabrício Monteiro. *Niklas Luhmann: a sociedade como sistema*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.
- RODRIGUES, Marcelo Abelha. *Processo civil ambiental*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.
- ROSA, Patrícia Silveira da. *O licenciamento ambiental à luz da teoria dos sistemas autopoieticos*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2009.
- ROVER, Aires José. *Sistemas especialistas legais: pensando o sistema jurídico*. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, p. 65-79, jan. 1994. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15850>>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- 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/pdf/qn/v36n2/v36n2a24.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz dos; SANTOS, Wander Luiz Pereira dos. Nanotecnologia e riscos ambientais: uma reflexão sobre a “ingerência” das ciências humanas e sociais na construção de um debate crítico. In: ENCONTRO NACIONAL DA Anppas, 4., Brasília, 2008. *GT11 modernidade, riscos e meio ambiente*. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT11-565-278-20080510182814.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- SANTOS, Boaventura de Souza (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências revisitado*. São Paulo: Cortez, 2006.
- SARLET, Ingo Wolfgang. *Princípios do direito ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2014.
- SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei n.º 6.741, 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/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=661A6CD906BCECE2846445F7E47A1C01.node2?codteor=1201083&filename=Avulso+-PL+6741/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei n.º, de 2013*. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- SARNEY FILHO, José. *Projeto de lei n.º 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/proposicoes>>

Web/prop_mostrarintegra;jsessionid=879487913CD900B799C5CEDB8E0F1B50.proposicoesWeb2?codteor=1177566&filename=Tramitacao-PL+6741/ 2013>. Acesso em: 24 jun. 2015.

SARNEY FILHO, José. *Requerimento nº , de de abril de 2015*. Requer a realização de Audiência Pública, em conjunto com a Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática para discutir os efeitos da nanotecnologia sobre o meio ambiente, objetivando a instrução do Projeto de Lei nº 6.741 de 2013. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1322643&filena me=Tramitacao-REQ+24/2015+CMADS>. Acesso em: 24 jun. 2015.

SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. *A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

SÉGUIN, Elida. *O direito ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000.

SHATKIN, Jo Anne; KIM, Baram. Cellulose nanomaterials: life cycle risk assessment, and environmental health and safety roadmap. *Environmental Science: Nano*, [S.l.], p. 409-552, Oct. 2015. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/en/c5en00059a#!divAbstract>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

SILVA, Artur Stamford de. Teoria reflexiva da decisão jurídica: observações a partir da teoria dos sistemas que observam. In: SCHWARTZ, Germano (Org.). *Juridicização das esferas sociais e fragmentação do direito na sociedade contemporânea*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

SILVA, José Afonso da. *Direito ambiental constitucional*. São Paulo: Malheiros, 1994.

SISINNO, Cristina Lúcia Silveira; MOREIRA, Josino Costa. Dinâmica, transformação e destino dos contaminantes no ambiente. In: OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; SISINNO, Cristina Lúcia Silveira (Org.). *Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ). Ciência quer equilíbrio entre conhecimento e legislação da nanotecnologia. *Boletim eletrônico*, São Paulo, 2 jul. 2015. Disponível em: <<http://boletim.sbq.org.br/noticias/2015/n1989.php>>. Acesso em: 02 jul. 2015.

SOLLA, José (Org.). *Relatório de sustentabilidade da Rio + 20*. Brasília, DF: FUNAG, 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/relatorio-rio-20/1.-relatorio-rio-20/at_download/relatorio_rio_20.pdf>. Acesso: 24 jun. 2015.

STRECK, Lenio. *Verdade e consenso: constituição, hermenêutica e teorias discursivas*. São Paulo: Saraiva, 2012.

SUPIOT, Alain. *Homo juridicus: ensaio sobre a função antropológica do direito*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

TELLES, José Luiz. Bioética. Biotecnologias e biossegurança: desafios para o século XXI. In: TELLES, José Luiz; VALLE, Silvio (Org.). *Bioética e biorisco: abordagem transdisciplinar*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 182-187.

TEPEDINO, Gustavo. *O código civil, os chamados microssistemas e Constituição: premissas para uma reforma legislativa*. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

TEUBNER, Gunther. *Direito, sistema e policontextualidade*. Piracicaba: Editora Unimep, 2005.

THE PROJECT EMERGING NANOTECHNOLOGIES (PEN). *Consumer products inventory: an inventory of nanotechnology-based consumer products introduced on the market*. Washington, out. 2013. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/cpi/>>. Acesso: 24 jul. 2015.

THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, jul. 2004. Disponível em: <<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

THOMAS, Janet M; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antônio Claudio Lot, Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TOMA, Henrique E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, p. S48-S51, 2005. Supl. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28s0/26775.pdf>>. Acesso: 24 jun. 2015.

VANCE, Marina E. et al. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventor. *Beilstein J. Nanotechnol*, [S.l.], n. 6, p. 1769–1780, 2015. Disponível em: <<http://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2015.

VARGAS, Amauri. Nanotecnologia pode faturar US\$ 33 bilhões em 2020 e 1% virá do Brasil. *B!T magazine*, São Paulo, 14 maio 2015. Disponível em: <<http://www.bitmag.com.br/2015/05/nanotecnologia-pode-faturar-us-33-bilhoes-em-2020-e-1-vira-do-brasil/>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

VERONESE, Alexandre. Artigos 218 e 219. In: BONAVIDES, Paulo; MIRANDA, Jorge; AGRA, Walber de Moura (Coord.). *Comentários à Constituição Federal de 1988*. Rio de Janeiro: Forense, 2009.

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: <http://www.senado.gov.br/atividade/materia/detalhes.asp?p_cod_mate=96840>. Acesso em: 24 jun. 2015.

VIGLIO, José Eduardo et al. A ciência na RIO+20. *Idéias*, Campinas, n. 5, nova série, p. 11-30, 2. sem. 2012. Disponível em: <www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/download/1033/731>. Acesso em: 24 jun. 2015.

WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e adaptação ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014.

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

XAVIER, Lúcia Helena; CORREA, Henrique Luiz. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013.

ZEFFERINO, Alisson Guilherme; GIACHIN, Isadora e Sá. Considerações sobre a legislação brasileira aplicável aos resíduos sólidos da nanotecnologia. In: PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana (Org.). *Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I Congresso Sul Brasileiro sobre Direito e Nanotecnologia*. São Leopoldo: Karywa, 2014. Disponível em: <<https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre-direito-e-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2015.