

**XXVI ENCONTRO NACIONAL DO  
CONPEDI BRASÍLIA – DF**

**DIREITO AMBIENTAL E SOCIOAMBIENTALISMO II**

**ERIVALDO CAVALCANTI E SILVA FILHO**

**EVERTON DAS NEVES GONÇALVES**

**MARIA DOS REMÉDIOS FONTES SILVA**

Todos os direitos reservados e protegidos.

Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

#### **Diretoria – CONPEDI**

**Presidente** - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa – UNICAP

**Vice-presidente Sul** - Prof. Dr. Ingo Wolfgang Sarlet – PUC - RS

**Vice-presidente Sudeste** - Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim – UCAM

**Vice-presidente Nordeste** - Profa. Dra. Maria dos Remédios Fontes Silva – UFRN

**Vice-presidente Norte/Centro** - Profa. Dra. Julia Maurmann Ximenes – IDP

**Secretário Executivo** - Prof. Dr. Orides Mezzaroba – UFSC

**Secretário Adjunto** - Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto – Mackenzie

**Representante Discente** – Doutoranda Vivian de Almeida Gregori Torres – USP

#### **Conselho Fiscal:**

Prof. Msc. Caio Augusto Souza Lara – ESDH

Prof. Dr. José Querino Tavares Neto – UFG/PUC PR

Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Napolini Sanches – UNINOVE

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva – UFS (suplente)

Prof. Dr. Fernando Antonio de Carvalho Dantas – UFG (suplente)

#### **Secretarias:**

**Relações Institucionais** – Ministro José Barroso Filho – IDP

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho – UPF

**Educação Jurídica** – Prof. Dr. Horácio Wanderlei Rodrigues – IMED/ABEDI

**Eventos** – Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta – FUMEC

Prof. Dr. Jose Luiz Quadros de Magalhaes – UFMG

Profa. Dra. Monica Herman Salem Caggiano – USP

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo – UNIMAR

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr – UNICURITIBA

**Comunicação** – Prof. Dr. Matheus Felipe de Castro – UNOESC

D597

Direito ambiental e socioambientalismo II [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Erivaldo Cavalcanti e Silva Filho; Everton Das Neves Gonçalves; Maria Dos Remédios Fontes Silva - Florianópolis: CONPEDI, 2017.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-85-5505-407-5

Modo de acesso: [www.conpedi.org.br](http://www.conpedi.org.br) em publicações

Tema: Desigualdade e Desenvolvimento: O papel do Direito nas Políticas Públicas

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais.
2. Meio Ambiente.
3. Questões Políticas.
4. Princiologia Ambiental. XXVI Encontro Nacional do CONPEDI (26. : 2017 : Brasília, DF).CDU: 34



# XXVI ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI BRASÍLIA – DF

## DIREITO AMBIENTAL E SOCIOAMBIENTALISMO II

---

### **Apresentação**

E reencontramo-nos, em Brasília, DF, para novel discussão sobre a questão das políticas inerentes ao Direito Ambiental e o Socioambientalismo Brasileiro contando com seletos grupo de pesquisadores preocupados com a preservação do planeta a partir da discussão necessária sobre a ação em terra brasilis. Destacadas posições acadêmicas foram apresentadas e defendidas nas discussões propostas na apresentação de dezoito trabalhos que se dividem em cinco grupos, a saber: a) Princiologia Ambiental e Direitos Fundamentais Ambientais; b) Ambientalismo e Resíduos Sólidos; c) Arrecadação Compensatória e Tributação Ambiental; d) Licenciamento Ambiental; e, e) Socioambientalismo e Geopolítica. O GT se destaca pela ênfase dada aos temas ambientais, mormente no Brasil da mesma forma que pelo afinado posicionamento do conjunto de pesquisadores em defesa de urgentes mudanças segundo progressistas ações efetivas para frear o evidente passivo ambiental que se verifica em escala mundial.

Destarte verificam-se interessantes posicionamentos como se apresenta:

#### a) Princiologia Ambiental e Direitos Fundamentais Ambientais

Everton das Neves Gonçalves e Jéssica Gonçalves apresentam o artigo denominado ANÁLISE ECONÔMICO-JURÍDICA DOS PRINCÍPIOS AMBIENTAIS DO POLUIDOR PAGADOR E USUÁRIO PAGADOR; especialmente, discutindo econômico-juridicamente, os princípios ambientais do Poluidor Pagador e do Usuário Pagador clamando pela interdisciplinaridade entre o Direito e a Ciência Econômica;

Leila Cristina do Nascimento Alves e José Claudio Junqueira Ribeiro tratam da PROTEÇÃO JURÍDICA DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS E A NECESSIDADE DA OBSERVÂNCIA DOS PRINCÍPIOS DA INFORMAÇÃO, DA PREVENÇÃO E DA PRECAUÇÃO chamando a atenção para os inevitáveis riscos assumidos para o atingimento do ideal desenvolvimentista;

Daniele Weber S. Leal e Raquel Von Hohendorff destacam AS DIMENSÕES DA INCERTEZA PARA A ERA NANOTECNOLÓGICA E A NECESSÁRIA APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO VETOR PARA A (URGENTE) REGULACÃO observando a complexidade das nanotecnologias e a inexistência de respectiva regulacão;

Bruna Araújo Guimaraes e Nivaldo dos Santos pugnam pelo DIREITO À ALIMENTAÇÃO E A PROPRIEDADE INTELECTUAL como consagrado na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, fazendo perceber a necessidade de segurança alimentar no mundo e no Brasil através da propagação das tecnologias verdes e do registro dos conhecimentos dos povos tradicionais;

Renan Lucio Moreira e Márcio Luís de Oliveira demonstram a universalização do acesso à água e o saneamento básico, como direitos humanos visando-se a melhoria da qualidade de vida das pessoas, a promoção da equidade social e garantia de maior proteção ao meio-ambiente no artigo ACESSO AO SANEAMENTO BÁSICO COMO DIREITO HUMANO;

Carolina Prado da Hora e seu Orientador Ricardo Libel Waldman abordam a proteção do Direito Ambiental pelo Sistema Internacional dos Direitos Humanos no trabalho científico denominado A PROTEÇÃO DOS DIREITOS AMBIENTAIS PELO SISTEMA INTERNACIONAL DOS DIREITOS HUMANOS;

Lyssandro Norton Siqueira em A NECESSIDADE DE EFETIVIDADE DO DIREITO AMBIENTAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS COMO MEIO DE ASSEGURAR A PROTEÇÃO DOS BENS E DIREITOS SOCIOAMBIENTAIS trata da necessidade de recuperação de territórios degradados pela atividade minerária segundo implementação de adequados instrumentos administrativos e judiciais.

#### b) Ambientalismo e Resíduos Sólidos

Erika Tavares Amaral Rabelo de Matos e Rodrigo Rabelo de Matos Silva explanam sobre a ATUAL SITUAÇÃO DA RASTREABILIDADE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA;

Por sua vez, Eder Marques de Azevedo e Camila de Almeida Miranda em CONSÓRCIOS PÚBLICOS E GESTÃO COMPARTILHADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE sustentam que o cumprimento da gestão integrada de resíduos sólidos, disposta no art. 3º, inc. XI, da Lei nº 12.305/10 é possível, uma vez adotadas estratégias de planejamento integrado e sustentável;

Fernanda Netto Estanislau e Vivian Lacerda Moraes entendem como dano ambiental a propaganda eleitoral e estudam o ônus da prova em seu estudo PROPAGANDA ELEITORAL COMO POLUIÇÃO AMBIENTAL E O ÔNUS DA PROVA.

#### c) Arrecadação Compensatória e Tributação Ambiental

Francisco Joaquim Branco de Souza Filho e Helder Leonardo de Souza Goes defendem o mercado de Créditos de Carbono no artigo denominado **CRÉDITOS DE CARBONO E A EXTRAFISCALIDADE: UMA SAÍDA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL**, para a promoção das reduções de emissão de gases nocivos chamando a atenção para a atividade extrafiscal do Estado como instrumento para políticas públicas pautadas na “consciência verde”;

Antonio Pedro de Melo Netto e Vyrna Lopes Torres de Farias Bem acreditam na apropriação de recursos ambientais de forma sustentável em seu paper denominado **MÍNIMO EXISTENCIAL ECOLÓGICO E O DIREITO TRIBUTÁRIO AMBIENTAL:**

**O DIREITO À ALIMENTAÇÃO E A PROPRIEDADE INTELECTUAL;**

Willia de Cácia Soares Ferreira e Rodrigo Gonçalves Franco entendem que a compensação financeira pela exploração de recursos minerais constitui importante fonte de arrecadação para os entes federados onde há exploração mineral, conforme defendido no artigo **COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS: NECESSIDADE DO SEU USO EFICIENTE PARA PROPICIAR BEM-ESTAR E PROTEÇÃO DA POPULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS ENTES FEDERADOS ARRECADADORES.**

#### d) Licenciamento Ambiental

Tereza Cristina Mota dos Santos Pinto e Lais Batista Guerra analisam os serviços ambientais prestados pela floresta Amazônica e considerados no licenciamento ambiental de grandes obras de infraestrutura como no caso da usina hidrelétrica de Belo Monte;

Luís Eduardo Gomes Silva e Bárbara Augusta de Paula Araújo Myssior trazem estudo sobre metodologias de avaliação do impacto ambiental em seu estudo denominado **AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: ANÁLISE DAS METODOLOGIAS APLICADAS NO BRASIL**

#### e) Socioambientalismo e Geopolítica

Aguinaldo de Oliveira Braga e Patricia Leal Miranda de Aguiar, a partir dos estudos sobre Direito do Mar (Tratado de Montego Bay) tratam da expansão da Plataforma Continental

Brasileira como forma de empoderar, estrategicamente, o País em sua ação soberana no estudo intitulado A PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA – A AMAZÔNIA AZUL - A SOBERANIA NACIONAL;

Evilhane Jum Martins e Elany Almeida de Souza analisam os ideais desenvolvimentistas impostos à América Latina e a desconfiguração de suas originalidades socioambientais defendendo o Novo Constitucionalismo Latino-americano como propulsor do resgate da identidade socioambiental da América Latina;

Por fim, Rogério Magnus Varela Gonçalves e Paula Isabel Nobrega Introine Silva tratam o direito às águas, no seu aspecto legal e acadêmico, como prerrogativa fundamental a ser perseguida pelas políticas públicas para sua gestão na pesquisa denominada A CHEGADA DO RIO SÃO FRANCISCO À PARAÍBA: DIFICULDADES DE EFETIVAÇÃO DO DIREITO ÀS ÁGUAS.

Ao que se percebe; os trabalhos apresentados denotam o grande e capacitado esforço para a defesa de um meio ambiente equilibrado e sustentável honrando aos princípios de um desenvolvimento econômico-social responsável pela manutenção da vida na Terra e, ainda, segundo preocupação intergeracional.

É o que se apresenta, por ora, para a seleta comunidade Científica.

Brasília, DF, 21 de julho de 2017.

Prof. Dr. Everton das Neves Gonçalves

Prof. Dr. Erivaldo Cavalcanti e Silva Filho

Profa. Dra. Maria dos Remédios Fontes Silva

**AS DIMENSÕES DA INCERTEZA PARA A ERA NANOTECNOLÓGICA: DA NECESSÁRIA APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO VETOR PARA A (URGENTE) REGULAÇÃO**

**THE DIMENSIONS OF UNCERTAINTY FOR THE NANOTECHNOLOGICAL AGE: THE NECESSARY APPLICATION OF THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE AS A VECTOR FOR (URGENT) REGULATION**

**Daniele Weber S. Leal <sup>1</sup>**  
**Raquel von Hohendorff <sup>2</sup>**

**Resumo**

Observa-se atualmente complexidade das nanotecnologias, verificando incerteza científica, risco e possíveis danos, ante ausência da comprovação de seus efeitos no ecossistema. Entretanto, há também benefícios. Inexiste regulação específica; desperta-se atenção para aplicação da Precaução. Importante distinguir dimensões da incerteza. Necessária regulação das nanotecnologias atrelada ao Princípio da Precaução, através do Pluralismo Jurídico (Teubner). Sob quais condições é aplicada a precaução nas nanotecnologias? Está inserida em qual dimensão? Buscando evitar possível dano ambiental e às futuras gerações, adequado seria regulação atualizada, adotando a precaução na exata medida que a respectiva dimensão da incerteza postula, fundamentando-se no pluralismo Jurídico ante lacuna regulatória.

**Palavras-chave:** Nanotecnologias, Risco, Dimensões da incerteza, Princípio da precaução, Regulação

**Abstract/Resumen/Résumé**

Complexity of nanotechnologies is currently observed, verifying scientific uncertainty, risk and possible damages, due to lack of proof of its effects on ecosystem. However, there are also benefits. There's no specific regulation; Attention is drawn to application of Caution. It's important distinguishing dimensions of uncertainty. Necessary regulation of nanotechnologies tied to Principle of Precaution through Legal Pluralism (Teubner). Under what conditions is precaution applied in nanotechnologies? inserted in which dimension? To avoid possible environmental damage and future generations, adequate regulation is appropriate, adopting precaution in exact extent that respective dimension of uncertainty postulates, based on legal pluralism before regulatory gap

**Keywords/Palabras-claves/Mots-clés:** Nanotechnologies, Risk, Dimensions of uncertainty, Precautionary principle, Regulation

---

<sup>1</sup> Mestranda em Direito – UNISINOS (Linha Pesquisa “Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização”); Integrante do Grupo de Pesquisa JUSNANO(CNPq); Especialista em Direito Público. Graduada na Unisinos. Advogada. Email: weber.daniele@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutoranda pela Unisinos (Linha Pesquisa "Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização"). Integrante do grupo de Pesquisa JusNano(Cnpq). Bolsista Capes. Advogada. Email: vetraq@gmail.com





## 1 INTRODUÇÃO

Presencia-se desde o início do século XXI a evolução da era nanotecnológica, a qual traz consigo a produção e manipulação de matéria em escala nano, equivalente a bilionésima parte de um metro. Uma vez que existe a presença de riscos irreversíveis ao meio ambiente, necessária adoção de cautela em sua utilização e manipulação, respeitando o Princípio da precaução. Pelo olhar da precaução é preciso agir antes (pretendendo evitar a lesão). É neste contexto de incremento tecnológico que o Princípio da Precaução se dimensiona como Direito Fundamental, construído sobre o respeito aos limites e contornos ambientais, além do respeito à fragilidade da vida humana, da atual e das futuras gerações, bem como mecanismo de tutela dos riscos da complexa Sociedade Pós-Industrial (ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 121). O mais instigante sobre os estudos das nanotecnologias e meio ambiente é que se desconhecem os possíveis riscos que elas podem gerar, e ainda, pouco (ou quase nada) existe em termos de regulação jurídica dessa matéria, principalmente no Brasil.

Uma vez que presente o contexto de risco, necessário que se aprofunde o estudo nas dimensões da incerteza, com a finalidade de enquadrar as nanotecnologias na graduação pertinente, para posteriormente viabilizar a aplicação dos pressupostos do Princípio da Precaução. Como se apresentará, para cada modulação da incerteza, afere-se uma proporção para a utilização de medidas acautelatórias. Ademais, para completar o estudo, analisar-se-á o Princípio da Precaução, observando suas (in)definições, aspectos positivos e negativos, bem como sua finalidade e aplicabilidade. Portanto, a partir destas constatações, será possível fomentar a regulação das nanotecnologias, protegendo minimamente a saúde humana e ambiental, justamente neste ínterim entre a ausência de normativas e constatação (ou não) de (futuros) danos. Vislumbra-se ainda a fundamentação de aplicação de regulações e protocolos já existentes em diversas organizações internacionais, através do Pluralismo jurídico (Teubner).

A proposta de estudo se dará através da metodologia sistêmico-construtivista (FERRARI, 2015), utilizando-se de bases que não compõem o Direito tradicional, possibilitando a conexão e aplicação de outros institutos regulatórios, realizando a interligação de outras áreas da ciência. Utilizar-se-á a pesquisa bibliográfica, buscando realizar a revisão das publicações em livros, artigos científicos e sítios oficiais da internet. Para tanto, necessário que se parta de um prévio conhecimento acerca das nanotecnologias, suas aplicações, benefícios e o risco; ademais, explicar-se-á sobre a diferenciação das dimensões da incerteza, e ainda sobre o Princípio da Precaução, como forma de adoção mais racional de medidas acautelatórias, para, posteriormente, fomentar a regulação das nanotecnologias, prestando respostas adequadas às

demandas complexas da sociedade. Portanto, o problema que se pretende enfrentar neste artigo, poderá ser assim circunscrito: sob quais condições é possível aplicar o Princípio da Precaução, frente às demandas nanotecnológicas? E diante de qual dimensão da incerteza se insere esta nova era? Baseado na cautela frente à incerteza, resposta adequada seria uma regulação atualizada, requerendo condutas precaucionais na exata medida que a dimensão de incerteza das nanos postulam, buscando evitar possível dano ambiental e às futuras gerações, atentando para a complexidade que se impõe, tanto da lacuna regulatória quanto da dimensão de incerteza apresentada. A hipótese provisória que se estruturou a partir da revisão da bibliografia é a seguinte: baseado na compreensão das diversas graduações da incerteza, viável constatar em qual dimensão as nanotecnologias podem estar inseridas, assim como o Princípio da Precaução é indispensável para enfrentar tal incerteza científica. Sendo a precaução o vetor para impulsionar a regulação, é possível prestar respostas adequadas à sociedade, e prover uma regulação apta para as nanotecnologias, respeitando igualmente os direitos fundamentais e a precaução exigida neste contexto.

## **2 A INSERÇÃO DAS “NANOS” NA VIDA HUMANA, A CRESCENTE PREOCUPAÇÃO SOBRE O RISCO E A AMBIVALÊNCIA DAS NANOTECNOLOGIAS: DOS BENEFÍCIOS AOS (POSSÍVEIS) DANOS**

Desde o início deste século XXI presencia-se a utilização cada vez maior das nanotecnologias, as quais se inserem no contexto de inovações, o que por consequência gera uma série de novas demandas da sociedade. Tal escala de tecnologia equivale à bilionésima parte de um metro, aproximadamente dez vezes o tamanho de um átomo individual. A sua conceituação dispõe de uma terminologia imprecisa, inexistindo definições padronizadas internacionalmente (ENGELMANN; BORGES; GOMES, 2014, p. 06). Foi o físico norte-americano Richard Feynman (FEYNMAN, 2002) considerado o profeta da nanotecnociência, cuja profecia foi anunciada em sua palestra *There is a plenty of room at the bottom* (“Há mais espaços lá embaixo”), realizado no encontro anual da Sociedade Americana de Física no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em dezembro de 1959. Naquela ocasião, o cientista abordou praticamente todos os conceitos importantes da nanotecnociência, embora sem nominá-la dessa forma. Uma das ideias defendidas seria que possibilitar-se-ia condensar, na cabeça de um alfinete, todos os 24 volumes da Enciclopédia Britânica, vislumbrando as futuras descobertas na fabricação de sistemas em escala atômica e molecular (FEYNMAN, 2002).

Até que a profecia posteriormente se confirmou, segundo Engelmann (ENGELMANN, 2010, p. 163):

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

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

Nano é o nome que vem do grego e, significa anão, um termo fundido com a palavra tecnologia que surgiu em 1974, o famoso termo nanotecnologia. É uma ciência transdisciplinar, e de difícil explicação pelo fato desta fazer parte das ciências da complexidade, ou seja, é uma ciência não pura como a física, a química e a matemática, mas, sim, uma ciência heterogênea, e em seu bojo há a combinação de muitas disciplinas. Portanto, poderá haver em único produto feito com esta ciência, traços de engenharia usando química, física, biologia, matemática, computação e outras novas ciências (LIMA, 2014, p.20).

As nanotecnologias encontram-se nos mais variados setores da vida cotidiana, nos mais diferentes setores econômicos. Esta tecnologia em ultrapequena escala encontra-se no mercado, sendo amplamente consumidas, como nos protetores solares, telefones celulares, medicamentos, cosméticos, medicamentos veterinários, produtos para tratamento de água, para indústria aeroespacial, naval e automotora, siderúrgica, entre outros. Inclusive esse amplo rol é aberto devido ao processo contínuo de desenvolvimento das nanotecnologias (HOHENDORFF, 2015, p. 09). Portanto, vislumbra-se na atualidade uma atenção por parte do Direito às nanotecnologias. Somente para demonstrar a gama de produtos existentes em nível global, é possível apresentar os números gerais registrados pela Nanotechnology Products Database (NPD) - Base de Dados de Produtos de Nanotecnologia, criada em janeiro de 2016. Com a finalidade de se tornar uma fonte de informação confiável, acreditada e atualizada para a análise e caracterização de produtos nanotecnológicos (ou seja, nanoprodutos) introduzidos nos mercados globais, cataloga-se e registra-se toda capacidade de produção de nanotecnologia desenvolvida no mundo. Com base então na NPD, pode-se afirmar que atualmente existem 7756 produtos com nanotecnologias, produzidos por 1226 companhias, oriundos de 52 países (NPD, 2017). Desta forma, a nanotecnologia aparece diariamente na vida em sociedade, desde produtos cosméticos (protetor solar, creme antirrugas), shampoos, até mesmo produtos domésticos (bebedouro d'água) e medicamentos, indústria bélica, dentre outras várias áreas. Através das estatísticas, mais visível se demonstra o crescimento das nanos, como por exemplo, os dados de patentes coletadas na United States Patent and Trademark Office (USPTO, 2017), através do boletim de janeiro de 2017 (da plataforma acima apresentada, NDP), verifica-se o registro de 4.317 patentes só nos EUA, seguidos da Coreia do Sul, com 914 e Japão, 819 (NPD a, 2017).

Já no escritório de patentes Europeu, EPO (EPO, 2017), observa-se o panorama sobre as nanotecnologias, estando no topo os Estados Unidos (com 577 patentes registradas), seguido de Alemanha (com 289 patentes), acompanhada da França (com 208) (NPDA, 2017).

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

Incide neste cenário a preocupação mundial com as nanos. É possível observar que o debate e estudos vêm ocorrendo em nível mundial, nos países desenvolvidos, e de maneira progressiva nos países em desenvolvimento, como o Brasil. O tema das nanotecnologias integra a Estratégia do Programa Quadro “Horizonte 2020” da União Europeia, estabelecendo expressamente: “[...] As tecnologias facilitadoras essenciais, como, por exemplo, a indústria de ponta e de materiais avançados, a biotecnologia e as nanotecnologias, estão no cerne dos produtos inovadores: telefones inteligentes, baterias de alto rendimento, veículos ligeiros, nanomedicamentos, tecidos inteligentes e muito mais. A indústria transformadora europeia é o maior empregador, com 31 milhões de trabalhadores em toda a Europa”(HORIZON 2020, 2017).

No panorama nacional, verifica-se o estudo realizado em 2015, através do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) - onde debateram as Megatendências mundiais para 2030, com os atuais questionamentos sobre o que as entidades e personalidades mundiais pensam sobre o mundo – verificou-se o crescimento dos investimentos e aplicação no campo da nanotecnologia e biotecnologia (IPEA, 2015, p. 99). Ainda na conjuntura brasileira, a preocupação com a faceta ainda nebulosa dos nanoprodutos fez com que o governo brasileiro, através do secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do MCTIC, Álvaro Prata, discutisse a regulamentação destes produtos:

Ele observou, ainda, que a definição de critérios objetivos facilita não apenas o trabalho do regulador, que precisa conferir a ação e os efeitos adversos de cada item avaliado, mas também do agente inovador. "O produtor vai ficar sabendo exatamente quais informações ele terá que apresentar para sua invenção ser aprovada. Isso vai acelerar todo o processo, o que trará muitos benefícios para o país, principalmente do ponto de vista econômico, já que queremos que as inovações se transformem em produtos comerciais", explicou. De acordo com Granjeiro, a principal preocupação está relacionada aos efeitos crônicos da nanotecnologia. "Ainda é preciso realizar mais estudos sobre as consequências, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente, do uso continuado destes materiais"(LQES NEWS, 2017).

Retornando ao quadro europeu, cabe destacar a revisão de junho de 2015 do documento intitulado: *High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies* (HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON KEY ENABLING TECHNOLOGIES, 2015), referente a uma comunicação da Comissão Europeia datada de 2009, intitulada: *Preparing for our future: developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in the EU*. Neste documento foram identificados seis *Key Enabling Technologies* e uma delas são as nanotecnologias.

Outra potência mundial, que está um passo adiante no que tange às regulações e nanotecnologias, é a Alemanha. Através de diversos organismos federais, já houve publicação de diversos protocolos de avaliação das nanotecnologias e meio ambiente, com o intuito de expor medidas acautelatórias, fazendo jus ao Princípios da Precaução. Cita-se, como exemplos, o plano de ação desenvolvido em departamento próprio e interdisciplinar no governo federal, chamado de Action Plan Nanotechnology 2020 (2016).

Portanto, sabe-se que a pesquisa e atualidade das nanotecnologias estão em evidência, bem como seus produtos. Entretanto, não há regulação única sobre o tema. Existem inúmeros protocolos e diretrizes produzidas por várias agências e órgãos internacionais sobre esta nova tecnologia e sua gestão de risco, além das anteriormente citadas, como a National Institute for Health (NIH) dos Estados Unidos, National Science Foundation (NSF), ISO, OECD (2016, p.13-16)<sup>1</sup>, British Standards Institution (BSI), na união europeia a Comissão Europeia e Parlamento Europeu, European Medicines Agency, Co-nanomet, European Agency for Safety and Health at work, dentre outras. Essas diretrizes, avaliações de risco e recomendações poderiam ser aproveitadas para a geração de um marco normativo interno (ENGELMANN, 2015, p.116).

Desta maneira, ante o estudos propostos e movimento das organizações internacionais ao redor do mundo, fica clara a crescente presença das nanotecnologias, tanto de seus produtos quanto das demandas delas originárias. A utilização dos produtos são reais, de maneira irrestrita na sociedade, sem que se saiba ainda sobre seus efeitos no meio ambiente e vida humana. Uma vez que esta tecnologia não possui reflexo humano ainda comprovado, mas se observa em pesquisas a possibilidade de risco, urge que se fomente a regulação, de maneira a respeitar o princípio da precaução, e principalmente observando o enquadramento das nanos das dimensões

---

<sup>1</sup> Tamanho o empenho desta organizações internacional, que se pode elencar o estudo realizado pela OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development, sobre resíduos de nanomateriais. Despertados por este questionamento, e aliando-se ao Princípio da Precaução, é possível considerar as recomendações e protocolos elaborados pela OECD, cujo foco de seus questionamentos é a busca por respostas adequadas quanto aos resíduos de produção em nano escala, ou seja, o descarte final de nanomateriais, em virtude desta enorme produção, sem qualquer cuidado quanto ao descarte. Assim, justificou-se a pesquisa ante a produção crescente em nano escala, a fim de avaliar processos de tratamento de resíduos, relacionando-os aos nanomateriais, com a finalidade de minimizar os riscos existentes, retirando de evidência literárias em específicos tratamentos de lixos (resíduos), como na reciclagem, incineração, disposição de lixo em aterros e tratamento de água.

da incerteza, que será apresentado no segundo tópico do trabalho. Face a inserção da era nanotecnológica no contexto de risco, urge que se conheça um pouco da faceta ambígua desta tecnologia, tendo como objeto as suas promessas benéficas e ainda de seu potencial risco, para posteriormente explicar sobre as dimensões da incerteza, e tentar situá-la no risco, incerteza, ambiguidade ou ignorância. Mesmo levando-se em consideração as benesses que esta nova tecnologia possibilita, importante salientar que não há nas nanotecnologias certeza científica de seus efeitos na vida humana, o que gera preocupação se observarmos algumas pesquisas divulgadas, as quais na sequência serão apresentadas.

Embora se apresente um cenário de inovação das nanotecnologias, em direção oposta se verifica a potencialidade de riscos ao meio ambiente e à vida humana, e em decorrência desta possibilidade, situa-se o desenvolvimento em nanoescala na sociedade de risco, consoante lição de Beck (2003). O autor explica que o mundo de incerteza não quantificáveis, criados por nós mesmos, pode-se expandir muito, seguindo o ritmo do desenvolvimento tecnológico. Portanto, as decisões tomadas no passado no que diz respeito à energia nuclear e as atuais, como sobre a engenharia e exploração de engenharia genética, nanotecnologia, tecnologia da informação e assim por diante, é um gatilho de consequências imprevisíveis, incontrolláveis e mesmo incomunicável, que ameaçam a vida em nosso planeta (BECK, 2003, p.09-10).

Por outro lado, as nanos também prometem uma nova era de avanço em diversas áreas da indústria, oferecendo novos produtos, com maior durabilidade e eficiência. No viés de seu potencial avanço benéfico, relativo à medicina e combate a doenças, verificou-se em pesquisa utilizando-se de nanopartículas, que seria viável elaborar vacinas em temperatura ambiente, de maneira mais rápida. Os mesmos testes estão sendo realizados com a vacina para Chikungunya, dada a particularidade do surto atualmente presenciado (LQES NEWSa, 2017). Também na medicina, estudo de Harvard, intitulado “*Nanotechnology and math deliver two-in-one punch for cancer therapy resistance*”, encontrou um novo método de encolhimento de tumores, o qual ainda impede a resistência em cânceres agressivos, ativando duas drogas dentro da mesma célula ao mesmo tempo, utilizando-se de uma nanopartícula (LQES NEWSb, 2017). No setor de alimentos, fazendo referência específica às embalagens inteligentes, um estudo ainda não disponível no mercado relaciona-se às comprovações de biossensores encontradas na literatura para detectar a salmonela, inseridas em embalagens de leite. Ademais, as nanotecnologias aplicadas aos alimentos representam outras possibilidades promissoras tanto para a economia quanto à sociedade em geral, em especial no que tange ao controle de doenças e contaminações por bactérias e produtos gerados com maior qualidade (ENGELMANN, 2011, p.341).

Entretanto, apesar do cenário promissor, cumpre atentar para os riscos, conforme leciona Franzius:

Los programas y las obligaciones procedimentales de definir programas son importantes para el Derecho de los riesgos. Estos tienen una función de dirección de la discrecionalidad y se parecen, de esa forma, a los reglamentos que concretan normas. Aquí se hace evidente cómo la práctica genera nuevas formas de racionalización de los márgenes de decisión a los que pueden conectarse la dogmática y los controles (FRANZIUS, 2015, P.231).

Quanto às constatações preocupantes em relação a esta nova tecnologia, observa-se pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), onde lançaram em 2011, edital para a formação das primeiras redes sobre nanotoxicologia no Brasil. Até este momento, ainda não havia nenhum fomento específico para o desenvolvimento desta área de pesquisa. No âmbito desse edital foi apresentado o projeto de pesquisa intitulado “Nanotoxicologia ocupacional e ambiental: subsídios científicos para estabelecer marcos regulatórios e avaliação de riscos” (MCTI/CNPq processo 552131/2011-3), que já produziu alguns resultados, apontando efeitos tóxicos de algumas nanopartículas investigadas, como a comprovação de evidências de que os nanotubos de carbono são potencialmente perigosos em ambientes aquáticos, e que o mecanismo de toxicidade é complexo e insuficientemente compreendido até o momento (BRITTO, 2012, p.86). Outro estudo mostra possíveis efeitos tóxicos no cérebro (neurotoxicidade) dos peixes Zebrafish (*Danio rerio*) expostos a este mesmo material em escala nano (OGLIARI DAL FORNO, 2013). No mesmo sentido, ficou demonstrado que da indústria de nanotecnologia, como os nanomateriais à base de carbono, são fortes candidatos a contaminar ambientes aquáticos, pois sua produção e eliminação têm crescido exponencialmente em poucos anos, sem que se tenha estudos conclusivos sobre a sua efetiva interação com o meio ambiente. Recente estudo demonstrou que o fulereno C60 diminuiu a viabilidade das células e prejudicou a detoxificação de enzimas, evidenciando interações toxicológicas (FERREIRA, 2014. p. 76-83).

Aqui se tem a ambivalência de várias tecnologias e produtos gerados em escala nano. Observa-se que as possibilidades ou efeitos positivos são muito grandes, entretanto, a probabilidade de riscos é muito significativa ao ecossistema de maneira geral. Portanto, a fim de desenvolver uma regulação adequada para as nanotecnologias, primeiro urge que se verifique a realidade de sua condição de incerteza, avaliando em qual das dimensões que ela se encontra (tendo que vista que há diversas áreas das nanotecnologias), e posteriormente buscando uma regulação apropriada e efetiva, respeitando-se as premissas do Princípio da Precaução.

Por fim, no próximo tópico deste artigo, analisar-se-á a chamada “dimensões da incerteza”, vislumbrando em qual dimensão as nanotecnologias se enquadram, para

posteriormente indicar a aplicação do Princípio da Precaução, que servirá também de base para a tendência e imposição de regulação das nanos, a fim de evitar futuros danos ao meio ambiente e vida humana. Como já lecionava Vicente de Paulo Barreto, e possível aplicar neste cenário, torna-se clara a insuficiência do modelo jurídico clássico, onde teria a lei respostas para os problemas sociais enfrentados e ainda verifica-se a necessidade da construção de uma ordem jurídica que responda às novas demandas da sociedade tecnocientífica. A realidade contemporânea esvaziou as pretensões da racionalidade utilitarista do direito, como se demonstra claramente no modelo positivista mais radical (BARRETO, 2013, p. 363).

### **3 O ENQUADRAMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS NAS DIMENSÕES DA INCERTEZA: O PILAR À APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO**

Como visto anteriormente, as nanotecnologias enquadram-se no cenário de inovação, desenvolvendo industrialmente produtos em nano escala, trazendo em paralelo incertezas científicas acerca de seus efeitos na vida humana. Como pouco se tem de certeza sobre tal nova tecnologia, ou quase nada, inevitável que se busque a maior quantidade possível de estudos, a fim de adotar medidas acautelatórias, respeitando a precaução. Contudo, a utilização do Princípio da Precaução, a ser realizado da maneira mais responsável, para adotar a proporção exata da cautela, deve ser feito a partir do entendimento das dimensões da incerteza. A partir desta diferenciação, possibilita-se conhecer as graduações inerentes à incerteza.

Quando se fala em nanotecnologias, essa modulação das incertezas torna-se ainda mais complexa, pois como é uma tecnologia com empregos dos mais diversos conjuntos de ações (e por isto mais apropriado utilizar-se no plural), desenvolvendo diferentes processos e sistemas com a utilização em dimensões manométricas, cada um deles deve ter sua especificidade, não havendo jeito de colocar no mesmo patamar. Em consequência, a aplicação da precaução também poderá ser diversa.

Portanto, ao abordar as dimensões da incerteza científica na ponderação dos riscos, conforme lição de Délton de Carvalho, vislumbrar-se-á a existência de uma terminologia fundada nas diversas dimensões existentes na intensidade da incerteza científica, interna ao conceito de risco (sentido amplo), formando uma heurística diferenciação conceitual entre risco, incerteza, ambiguidade e ignorância (CARVALHO, 2014, p. 67). O que obviamente auxiliará na aplicação das cautelas necessárias para a gestão do risco, neste caso, na tentativa de atingir as novas demandas nanotecnológicas.



A partir da exploração das dimensões, mais clara fica a diferenciação entre as incertezas, consoante Carvalho (2014, p. 69):

O sentido estrito do termo incerteza, por sua vez, se aplica a uma condição em que há confiança na integridade e plenitude de um conjunto definido de efeitos, porém não há base teórica ou empírica válida para atribuir probabilidades com confiança para tais resultados. Assim, em comum, risco e incerteza apresentam a capacidade descritiva dos efeitos bem definida, porém a incerteza (ao contrário do risco) não apresenta um diagnóstico digno de credibilidade e confiança para atribuição de probabilidades causais. Lembre-se, portanto, que a incerteza não se confunde com a completa ignorância.

E para completar, apresenta a ambiguidade e ignorância:

A ambiguidade, ao seu turno, se trata de condições em que mesmo havendo bases para sustentar a descrição das probabilidades de algum tipo de impacto, há uma indefinição dos efeitos (efeitos definidos de forma precária) [...] Quando a ambiguidade dos efeitos encontra os problemas inerentes à incertezas (das probabilidades), ultrapassando o âmbito da avaliação, enfrenta-se a condição formalmente tida como ignorância. Tratam-se de situações de incógnitas desconhecidas (unknown unknowns), em que não se sabe o que não se sabe. Num sentido conceitual, a ignorância consiste em circunstâncias em que não apenas não há base para atribuir probabilidades (como é o caso da incerteza), mas em que a definição bem acabada de um conjunto de efeitos também é problemática. O reconhecimento da ignorância nada mais é do que o reconhecimento da possibilidade da surpresa, caso em que não só é impossível classificar definitivamente as diferentes opções, como é profundamente difícil sequer sua caracterização (CARVALHO, 2014, p. 69-70).

Sob condições de ambiguidade, não são conhecimentos de probabilidades, mas das possibilidades em si, e aqui reside a problemática. Isto pode aplicar-se quando os resultados são pensados para ser certo - ou mesmo já ocorreram. Aqui, surgem ainda ambiguidades na caracterização dos resultados e na interpretação de seus significados normativos: por exemplo, na seleção, divisão, delimitação, medição ou priorização, diferentes possibilidades (STIRLING, 2009). A ignorância seria o desconhecimento acerca de qualquer dado conclusivo. Assim, ela tem lugar no momento anterior ao desvelamento de indicativos conclusivos, e em certos momentos da história, estes se tornaram surpresas, pelo desconhecimento anterior. Estes são exemplos em que o cerne do problema estava na antecipação das próprias possibilidades, e não tanto na determinação de probabilidades (CARVALHO, 2015, p.91). Somente diante da adequada diferenciação das dimensões da incerteza, será viável inserir as nanos em um parâmetro adequado, o qual indicará em qual proporção deverá o Princípio da Precaução ser aplicado. Atenta-se ainda para o fato de que possivelmente a grande parte das nanotecnologias terem a tendência de inserir-se na condição de ignorância, pois sequer obtem-se conhecimento acerca das reais possibilidades de seus reflexos na vida humana, e ainda no meio ambiente.

Aqui estão algumas das dificuldades mais profundas nas abordagens regulatórias convencionais discutidas, na medida em que se reconhece que nem as probabilidades nem os

resultados podem ser definitivamente caracterizados. Há o elemento da surpresa. Ignorância difere da incerteza, que se concentra em parâmetros acordados conhecidos como carcinogenicidade ou dano de inundação. Difere da ambiguidade em que os parâmetros não são apenas contestáveis, sub-caracterizados ou indeterminados em sua importância relativa, mas são ilimitados ou pelo menos parcialmente desconhecidos. Algumas das questões ambientais mais importantes de nosso tempo envolveram desafios que foram - no início - desse tipo (STIRLING, 2009). Neste contexto é que as decisões a serem tomadas não podem utilizar-se de uma rasa discussão sobre ser a favor ou contra o desenvolvimento de determinada tecnologia. Mas sim realizar os questionamentos corretos, a fim de sopesar os direitos e bens em jogo, o que possibilita uma decisão mais razoável.

De forma mais ilustrativa, acompanha-se abaixo o esquema que demonstra os diferentes graus de incerteza e suas problemáticas, formulado por de Andrew Stirling (2007, p. 310):

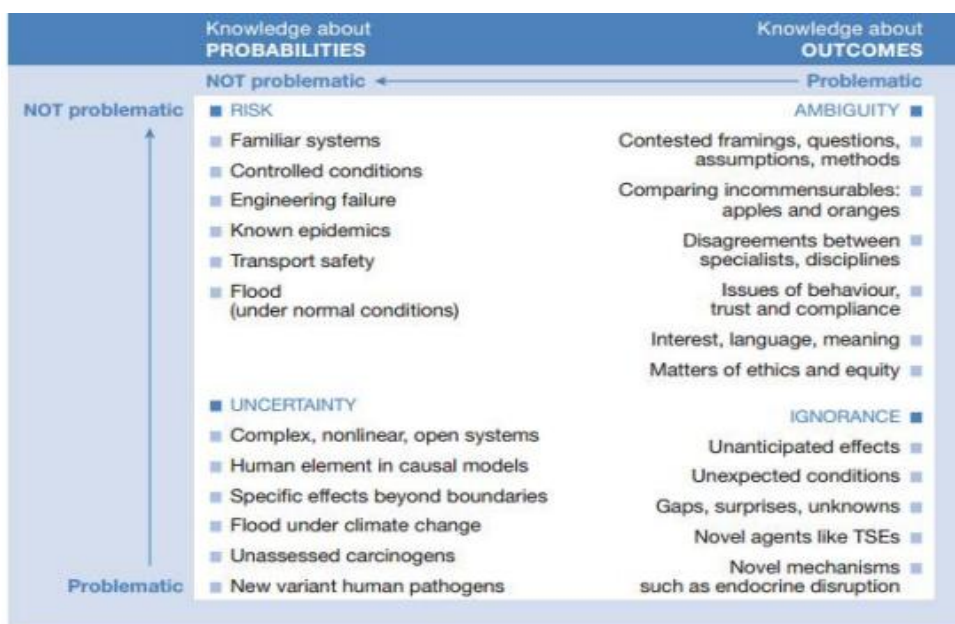


Fig 1 | Contrasting states of incomplete knowledge, with schematic examples. TSE, transmissible spongiform encephalopathy.

Portanto, demonstra-se a importância desta distinção, pois justamente através destas graduações obtém-se parâmetros para tomar medidas acautelatórias, nas suas devidas proporções e intensidades. Neste mesmo sentido, observa-se relevância das graduações de menor ou maior incerteza, que consiste exatamente no fato de que estas devem servir de parâmetro para justificar a intensidade das medidas preventivas a serem adotadas em casos de riscos ambientais (CARVALHO, 2014, p. 70).

Quando se fala em nanotecnologias, encontra-se grande complexidade, desde sua própria definição, dado a inexistência de consenso sobre elas, até o grau da dimensão de incerteza em que elas se enquadram. Deve-se atentar para cada tipo de nanotecnologia aplicada, para então averiguar a diferença de graduação. Entretanto, ante o cenário que se apresentou no presente artigo, o que causa preocupação é que a maioria das nanotecnologias e seus produtos podem estar inseridos na dimensão da ignorância, conforme acima explanado.

Assim sendo, caso as nanotecnologias venham mesmo a se adequar na ignorância, em grande parte dos casos, demonstra-se a necessidade de se combater o desconhecimento, via de regra constituído por vulnerabilidade tecnológica ou informacional, a partir de estímulos a fluxos de informação acerca dos riscos envolvidos, a fim de iniciar um processo de produção de informações. Ademais, o uso de monitoramento, somente como exemplo, poderia se mostrar um instrumento adequado mediante produção sistemática de controles documentados e supervisionados por órgãos competentes. A pesquisa científica ex ante apresenta-se em destaque em razão do desconhecimento inerente aos casos de ignorância (CARVALHO, 2015, p. 92).

### **3.1 APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO: O IMPULSO PARA A (URGENTE) REGULAÇÃO DAS NANOS**

Verifica-se que o Princípio da Precaução foi formulado pelos gregos e significa ter cuidado e estar ciente. Precaução relaciona-se com a associação respeitosa e funcional do homem com a natureza. São ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas. Precaução é um dos princípios que guia as atividades humanas e incorpora parte de outros conceitos como justiça, equidade, respeito, senso comum e prevenção (BRASIL, 2017). Tais pressupostos da precaução são adequados a fomentar a urgente regulação das nanotecnologias, principalmente depois de aferidas as dimensões de incertezas, tendo como conclusão de enquadramento na ignorância. Portanto, como forma de instigar a regulação, melhor entender este princípio indispensável para a complexidade nesta conjuntura apresentada.

A fim de dar suporte à gestão dos riscos enfrentados na sociedade pós-moderna, urge que se conheça e se aplique os elementos estruturantes do Princípio da Precaução, que pode trazer fundamento e lastro para a efetivação da regulação dos nanomateriais. A doutrina de Édis Milaré expõe que tal princípio enfrenta a incerteza dos saberes científicos em si mesmos. Afirma também que esta aplicação observa argumentos de ordem hipotética, situados no campo

das possibilidades, e não necessariamente de posicionamentos científicos claros e conclusivos. (MILARÉ, 2013. p.264). Nesta tela se inserem as nanotecnologias.

O princípio da precaução chama a atenção para uma variedade de métodos não-redutores, que evitam promessas espúrias de determinar a política "baseada na ciência". Embora não tenham regras de decisão, o princípio da precaução sugere um leque mais modesto, aberto, mas não obstante e altamente eficaz com metodologias e qualidades gerais, que oferecem formas de complementar e melhorar a avaliação convencional dos riscos. Como tal, é claro que, o princípio da precaução é de relevância prática tanto quanto ao risco quanto à avaliação de risco. A precaução não implica automaticamente proibições e eliminações progressivas, mas atenção deliberada e abrangente políticas ou caminhos tecnológicos (STIRLING, 2007. p.312).

A aplicação da precaução não significa paralisação, mas uma atitude de atenção redobrada com o novo e o desconhecido. Trata-se, portanto, de um princípio que sustenta um caminho para o aprendizado. Nessa linha escreve Tallacchini sobre a precaução:

La creciente dimensión de incertidumbre del saber científico, en particular en el ámbito de las nuevas ciencias de la vida son los fenómenos que están cimentando una distinta visión de las relaciones entre ciencia y sociedad. Con la expresión "incertidumbre de la ciencia" se hace alusión a varias formas de indeterminación del saber en el campo científico: la complejidad de los conocimientos, la falta o insuficiencia de datos, la imprevisibilidad de los éxitos, el carácter estocástico de las previsiones en muchos sectores (TALLACCHINI, 2004, p.87).

Alguns cientistas encontram dificuldades ao lidar com a precaução, ou ao menos com a maneira que ele vem sendo interpretado por alguns ambientalistas, pois teriam como implicações a ênfase na prevenção e não na cura bem como o foco ênfase em tomar medidas fortes de prevenção em contexto de incertezas (PEARCE, 1994. p. 132).

Roberto Andorno, em seu artigo "Validez del principio de precaución como instrumento jurídico para la prevención y la gestión de riesgos", destaca:

En el marco de la reflexión acerca del principio de precaución, parece pertinente recordar la noción clásica de prudencia, y sobre todo de la prudencia política, porque en el fondo, de lo que se trata con este principio, es de poner en práctica esta virtud. Nos encontramos ante la situación del gobernante que debe tomar decisiones acerca de determinados productos o actividades de los que se sospecha, con un cierto fundamento, que son portadores de riesgo para la sociedad, pero sin que se tenga a mano una prueba definitiva y contundente de tal riesgo. En tales supuestos, la autoridad debe hacer un esfuerzo de prudencia, es decir, de una adecuada apreciación de las circunstancias del caso, para lograr un equilibrio entre dos extremos: por un lado, el temor irracional ante lo novedoso por el sólo hecho de ser novedoso, y por el otro lado, una pasividad irresponsable ante prácticas o productos que pueden resultar gravemente nocivos para la salud pública o el medio ambiente (ANDORNO, 2004, p.17-18).

Entretanto, muito embora haja resistência ao Princípio da Precaução, até nos Estados Unidos da América (conhecido por suas críticas), ele é facilmente encontrado em estatutos com características paralelas mesmo não sendo caracterizado explicitamente na legislação ambiental americana. Além disso os Estados Unidos juntou tratados que exigem a proteção do ambiente da precaução, segundo afirma Daniel Farber (2016).

Até mesmo um dos autores mais críticos ao princípio, Cass Sunstein, afirma a possibilidade de utilização, frequentemente invocado em casos que envolvam riscos de danos irreversíveis, e o termo irreversível é descrito de várias formas que o princípio tende a evitar:

The Precautionary Principle is often invoked in cases involving risks of irreversible harms. As we have seen, the term "irreversible" appears in numerous descriptions of what the principle is designed to avoid. The intuition here is both straightforward and appealing: More steps should be taken to prevent harms that are effectively final than to prevent those that can be reversed at some cost (SUSTEIN, 2005, p. 115).

O doutrinador relembra que a ideia de Precaução foi invocada em disputas entre Europa e Estado Unidos no que se referia às proibições europeias em organismos geneticamente modificados e hormônios em carnes, dizendo "*The ideia of precaution has been invoked in a number of high-profile disputes between Europe and the United States involving European prohibitions on genetically modified organisms and hormones in beef*" (SUSTEIN, 2005, p.170). Mesmo tendo um olhar mais crítico e avesso à utilização do Princípio da Precaução, de maneira mais ampla, ele explica que seu viés mais cauteloso sugere que a ausência de evidência sobre o dano não pode ser base para se refutar a regulamentação:

The most cautious and weak versions suggest, quite sensibly, that a lack of decisive evidence of harm should not be a ground for refusing to regulate. Controls might be justified even if we cannot establish a definite connection between, for example, low-level exposures to certain carcinogens and adverse effects on human health (SUSTEIN, 2005, p. 20).

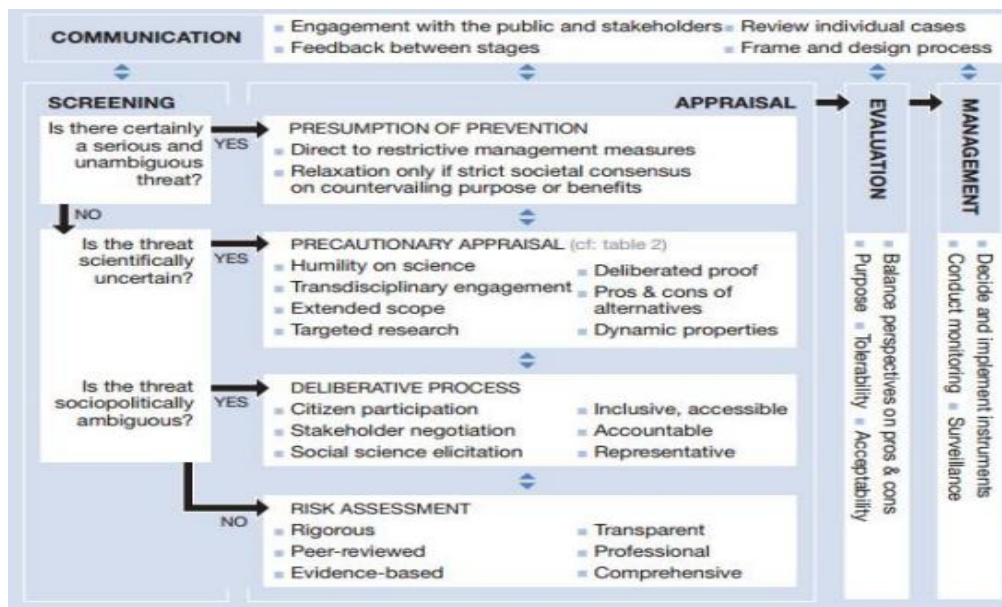
A ideia proposta neste artigo é oposta ao que ele sustenta, afirma inclusive que a lei americana está mais longe deste princípio. Por fim, numa visão oposta e radical à precaução, indica que a precaução é paralisadora (SUSTEIN, 2005, p. 21).

Basicamente são duas as maiores críticas apresentadas à Precaução, consoante Farber explica. A primeira seria a vagueza e ausência de delimitação do princípio. Durante anos, os críticos queixaram-se sobre a falta de consenso sobre o que significa e quando o princípio da precaução é aparentemente um mandato para parar as atividades em nível de risco suficiente aparece, independentemente do custo, enquanto que em outros apenas cria uma presunção atividades potencialmente nocivas para o ambiente, colocando a carga de prova sobre os defensores dessas atividades (FARBER, 2016, p.1674). Ocorre que nenhuma das formulações

tem precisão. Já a segunda crítica apresentada pelo doutrinador acima, a mais substantiva, refere que o risco é inevitável de ambos os lados, porque a intervenção do governo cria riscos. Se os possíveis efeitos da regulação de um risco incluem outros para a saúde e o ambiente, então o princípio da precaução parece ir contra si mesmo, sugerindo que não se deve prosseguir com a regulação ambiental até que possamos determinar seus efeitos. Por fim, se o Princípio de precaução implica que é melhor regular as não reguladas novas tecnologias, essa abordagem poderia violar Princípio de precaução, expondo-se a um risco maior ao bem público (FARBER, 2016, p. 1676).

Importante destacar ainda a articulação eficaz da avaliação de risco convencional com as qualidades mais amplas e os métodos associados do princípio de precaução, elaborados por Stirling. O doutrinador explica que assim como a avaliação de risco atual é precedida pela caracterização do perigo, e para incertezas não há como utilizar esse método, o quadro utiliza uma análise baseada em critérios do processo de identificação de atributos de incertezas científicas ou ciência social ou política, sendo que a precaução oferece uma saída mais racional sobre a incerteza, ambiguidade e ignorância, adequando-se ao cenário por este artigo exposto (STIRLING, 2007, p.313):

Figura 1 -avaliação do risco



Fonte: STIRLING, 2007

De outra banda, vale ressaltar que nos casos em que não houver uma completude das informações que envolvam determinadas pesquisas ou atividades, o Princípio da Precaução

pode lançar mão das estratégias desenvolvidas pela chamada *adaptive management*, que propõe um aprendizado enquanto se vai agindo, configura-se por meio de uma gestão que vai se concretizando e avaliando cada passo, sempre com a abertura de mudanças durante o percurso, quando uma decisão não se tenha evidenciado como muito adequada, posto ter gerado riscos em relação à saúde do trabalhador e do consumidor, ou gerando algum desequilíbrio ambiental. Nesta medida se propõe um compromisso em avaliar sistematicamente uma ação durante o seu desenvolvimento. A atenção aos estágios iniciais e a existência de um monitoramento contínuo são profundamente relevantes para a aplicação do Princípio da Precaução (CARVALHO, 2014, p. 83). De certa forma, a monitoração e regulação para o desenvolvimento dos nanomateriais se enquadraria no perfil deste instrumento.

Diante desta lacuna, tanto de regulação quanto da certeza científica, a nanotecnologia se apresenta como uma tecnologia de grande potencial em benefícios e sérios riscos também. De acordo com Délton Winter de Carvalho, riscos estes ainda pobremente estudados e conhecidos. Em um lapso de tempo futuro, o cenário das nanotecnologias pode envolver revolucionárias descobertas, com uma possibilidade de profundos impactos econômicos e sociais positivos (CARVALHO, 2014, p. 84)]. Conforme sua doutrina, frente aos limiares altos acerca tanto dos benefícios como riscos desta tecnologia, uma precaução pura parece inapropriada, devendo ser evitada uma postura de simples obstaculização da continuidade das pesquisas envolvendo esta tecnologia. Entretanto, os limiares acerca da possível magnitude destes riscos, por evidente, justifica alguma graduação de cautela, devendo estes nanomateriais receberem uma maior densidade precaucional do que os produtos químicos em geral, como por exemplo as restrições nos usos envolvendo potencial exposição pública até que maiores informações estejam disponíveis, dentre outros (CARVALHO, 2014, p. 84).

Por fim, latente a imposição do Princípio da Precaução no contexto das nanotecnologias, em virtude da ausência de regulação específica desta nova tecnologia, de forma que a inércia estatal não pode causar a vulnerabilidade à vida humana e meio ambiente. Pesquisas demonstram o descontrole atual acerca de seu manejo e depósito, o que infere no meio ambiente a possibilidade de danos irreversíveis, no caso de permanecer-se na inércia quanto a sua regulação. Ademais, uma vez que existem normativas e protocolos em diversas organizações internacionais (NIOSH, National Institute for Health (NIH) dos Estados Unidos, National Science Foundation (NSF), ISO, OECD, British Standards Institution (BSI), Comissão Europeia e Parlamento Europeu, European Medicines Agency, Co-nanomet, European Agency for Safety and Health at work, dentre outras), que orientam acerca da utilização das nanos, seria

viável que estas regulações fossem utilizadas, até mesmo porque a dinâmica das nanotecnologias refuta qualquer lei fechada e sem constantes atualizações. Esta proposta coaduna-se com a lição de Gunther Teubner, que defende o sistema do Pluralismo Jurídico, no qual se reforça a importância e utilização de normas informais, de outras esferas e organizações, resolvendo-se assim o problema de ausência de normas estatais, que na atual sociedade pós-moderna sequer resolveriam as demandas dotadas de complexidade:

O pluralismo jurídico fascina os juristas pós-modernos, que não se preocupam mais com o direito oficial do Estado centralizado e suas aspirações de abstração, generalidade e universalidade. É na “lei do asfalto” das grandes cidades norteamericanas ou no “quase direito” das favelas do Brasil, nas normas informais das culturas políticas alternativas, na colcha de retalhos do direito das minorias, nas normas dos grupos étnicos, culturais e religiosos, nas técnicas disciplinares da “justiça privada” e, ainda nos regulamentos internos de organizações formais e redes informais que se encontram todos os ingredientes da pós-modernidade: o local, o plural, o subversivo. A diversidade dos discursos fragmentados e hermeneuticamente fechados pode ser identificada por meio de numerosos tipos informais de regras, geradas quase independentemente do Estado e operando em várias esferas informais. O pluralismo jurídico descobre, assim, no “lado obscuro” do direito soberano, o potencial subversivo dos discursos reprimidos. As mais diversas quase-normas informais e locais são tidas como *supplément* ao moderno ordenamento jurídico oficial, formal, centralizado. Exatamente esta ambivalência, esse caráter *dúplice*, faz o pluralismo jurídico tão atraente aos olhos dos juristas pós-modernos (TEUBNER, 2005, p.81).

Desta forma, indiscutível a aplicação do Princípio da Precaução nas nanotecnologias, pois não há regulação específica e os danos (futuros) são uma possibilidade. Ademais, este princípio fomenta a busca por regulamentação adequada ou outro mecanismo apto a sanar a preocupação com os riscos e incertezas, principalmente se observarmos as dimensões da incerteza, na qual as nanos podem se enquadrar na ignorância. Por fim, vislumbram-se alternativas, ainda que momentâneas, a fim de resguardar a utilização da nanotecnologia. Até mesmo porque esta nova tecnologia demanda movimentos constantes de atualização, o que desta forma torna inapta normas ou regulações hermeticamente fechadas. Poderia ocorrer a implementação de diretrizes internacionais, viabilizadas através do Pluralismo Jurídico, sustentado por Teubner. Ressalta-se ainda que a rápida evolução social e a emergência de direitos não cabem mais no direito estanque, e por isto poderia aumentar o âmbito para além do texto da lei.

#### **4 CONCLUSÃO**

Presencia-se uma sociedade pós-moderna, desenvolvendo a era nanotecnológica, proporcionando as promessas de um avanço benéfico à humanidade jamais visto, contudo, verificando-se em paralelo o potencial risco. É possível constatar no mercado atual milhares de novos nanoprodutos, dos quais os efeitos ainda não foram detectados na vida humana ou meio



ambiente. Neste ínterim, não há qualquer regulação que possa guiar a utilização das nanotecnologias, desconsiderando alguns riscos apresentados em pesquisas, o que deixa a sociedade totalmente descoberta e vulnerável aos possíveis danos que esta nova tecnologia poderá causar às gerações futuras, dispensando qualquer atitude precaucional, inerente deste cenário. Necessário atentar e respeitar o Princípio da Precaução, indispensável no cenário de incertezas científicas das nanotecnologias.

Ademais, tendo em vista que se presencia uma série de novos direitos e demandas originárias da complexidade da era nanotecnológica, o Direito acaba tendo de responder à demandas antes sequer imaginadas, o que na conjuntura atual encontrada, não está apta a dar suporte. Possível utilizar-se de outras fontes estranhas ao Direito (principalmente ao Direito brasileiro), como protocolos da OECD, NIH, NanoReg, FDA, dentre tantas outras, que possuem diretrizes e pesquisas específicas na área, basendo-se no Pluralismo Jurídico de Teubner.

De outro lado, constata-se a importância da graduação das incertezas científicas, onde somente a partir da devida distinção entre risco, incerteza, ambiguidade e ignorância, é possível delimitar qual o devido grau de precaução a ser adotado. Pelo que se verificou neste estudo, pode-se afirmar que muitas nanotecnologias empregadas encontram-se na dimensão da ignorância, o que ressalta a importância de adoção de cautela, respeitando o princípio da Precaução. É a partir da análise das graduações que se permite ao Direito uma maior capacidade de decisão em casos de incerteza científica, com critérios mais detalhados e proporcionais aos riscos envolvidos. Portanto, a intensidade das medidas antecipatórias, impostas pela ordem precaucional, tenderão a uma maior adequação entre os meios e fins ambientais, e a delimitação da profundidade que a incerteza pode ter, permite uma redução da discricionariedade a partir de informações técnicas disponíveis ou não, submetendo-se as medidas impostas aos princípios da proporcionalidade e razoabilidade (CARVALHO, 2015, p.93). Observa-se então a importante distinção das modulações das incertezas, principalmente no contexto das nanotecnologias, bem como o indispensável respeito ao Princípio da Precaução, devendo se utilizar de certa cautela no seu desenvolvimento, de acordo com o que a ignorância postula.

De outro modo, a partir da precaução se fomenta a urgente regulação para a era nanotecnológica, a fim de preservar as futuras gerações e meio ambiente. Neste ínterim, possível adotar o pluralismo jurídico de Teuber, para utilizar de todas as normas e fontes diversas do Direito, para dar respostas adequadas à nova e complexa realidade nesta conjuntura.

## REFERÊNCIAS

ACTION PLAN NANOTECHNOLOGY 2020. **An inter-departmental strategy of the Federal Government**. Alemanha. Out. 2016. Disponível em: <[https://www.bmbf.de/pub/Action\\_Plan\\_Nanotechnology.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Action_Plan_Nanotechnology.pdf)>. Acesso em 16 abr. 2017.

ANDORNO, Roberto. Validez del principio de precaución como instrumento jurídico para la prevención y la gestión de riesgos. In: ROMEO CASABONA, Carlos Maria (ed.) **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. XII. p.17-33.

BARRETTO, Vicente de Paulo. **O fetiche dos direitos humanos e outros temas**. 2 ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2013

BECK, Ulrich. **Un mondo a rischio**. Traduzione di Laura Castoldi. Giulio Einaudi editore s.p.s. Torino. 2003. ISBN 88-06-I66I7-4.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Princípio da Precaução**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/organismos-geneticamente-modificados/item/7512>>. Acesso em 10 abr. 2017.

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**, v. 114–115, 2012. p. 86. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/aquatox](http://www.elsevier.com/locate/aquatox)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

CARVALHO, Délton Winter de. As dimensões da incerteza e as graduações de intensidade para aplicação dos princípios da prevenção e precaução na decisão jurídica face aos riscos ambientais extremos. In: ENGELMANN, Wilson; ROCHA, Leonel Severo; STRECK, Lenio Luiz (orgs.) **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do programa de Pós-graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora; São Leopoldo: UNISINOS, 2014. p. 67-86.

\_\_\_\_\_. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica**: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2015.

ENGELMANN, Wilson; BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014. ISBN 978-85-224-8913-8.

ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**: construindo um diálogo transdisciplinar na busca de marcos regulatórios em nanotecnologias. 1. ed. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias como um fator de aproximação democrática dos países da América Latina: em busca de moldes regulatórios. In: ENGELMANN, Wilson; SPRICIGO, Carlos M. (orgs.) **Constitucionalismo democrático na América Latina**: desafios do século XXI. Curitiba: Multideia, 2015. p. 105-122.

\_\_\_\_\_. 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; ROCHA, Leonel Severo; STRECK, Lenio Luiz (orgs.) **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do programa de Pós-graduação em Direito da UNISINOS: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora; São Leopoldo: UNISINOS, 2011. p. 339-363.

\_\_\_\_\_. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

EPO. EUROPEAN PATENT OFFICE. Disponível em: < <https://www.epo.org/index.html>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

FARBER, Daniel. **Coping With Uncertainty: Cost-Benefit Analysis, The Precautionary Principle, and Climate Change**. Disponível em: < <http://scholarship.law.berkeley.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3563&context=facpubs>> Acesso em: 28 abr. 2017

FERRARI, Vincenzo. **Primera Lección de Sociología del derecho**. Tradução de Héctor Fix-Fierro. México:Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas. 2015

FERREIRA, Jonsecler L. Ribas et al. Co-exposure of the organic nanomaterial fullerene C60withbenzo[a]pyrene in Danio rerio (zebrafish) hepatocytes: Evidence of toxicological interactions. **Aquatic Toxicology**, v. 147, 2014. p. 76-83. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/aquatox](http://www.elsevier.com/locate/aquatox)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

FEYNMAN, Richard P. **Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física**. SBPC/Labjor Brasil, atualizada em 10 nov. 2002. Disponível em: < <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

FRANZIUS, Claudio. Autorregulación Regulada como Estrategia de Coordinación. IN: IN: GARDELLA, M. Et al. **Estrategias del Derecho ante la Incertidumbre y la Globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015.

HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON KEY ENABLING TECHNOLOGIES, **Final Report**, June 2015: KETs: Time to Act, European Commission. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/european-strategy/high-level-group/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/european-strategy/high-level-group/index_en.htm)> Acesso em 15 abr. 2017.

HOHENDORFF, Raquel Von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí, Paco Editorial: 2015. p. 09-47.

HORIZON 2020 em breves palavras: **O programa-quadro de investigação e inovação da EU**. Disponível: <[https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020\\_PT\\_KI0213413PTN.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_PT_KI0213413PTN.pdf)> Acesso em 10 maio 2017.

IPEA-INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil / organizadora: Elaine C. Marcial. – Brasília: Ipea, 2015. 175 p. ISBN: 978-85-7811-259-2.**

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

LQES NEWS. BOLETIM. **Ministério discute a regulamentação de produtos oriundos de nanotecnologia**. Disponível em: < [http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2016/lqes\\_news\\_novidades\\_2152.html](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2016/lqes_news_novidades_2152.html)> Acesso em: 29 abr. 2017.

LQES NEWSa. BOLETIM . **A nanotechnology method for storing vaccines at room temperature**. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2016/lqes\\_news\\_novidades\\_2174.html](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2016/lqes_news_novidades_2174.html)> Acesso em: 13 abr. 2017.

LQES NEWSb. BOLETIM . **Nanotechnology and math deliver two-in-one punch for cancer therapy resistance.** Disponível em [http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2016/lqes\\_news\\_novidades\\_2074.html](http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2016/lqes_news_novidades_2074.html). Acesso em 05 maio 2017.

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

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). Disponível em: < <http://product.statnano.com/>>. Acesso em 18 maio 2017.

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD) a. Disponível em: < [http://statnano.com/index.php?ctrl=newsletter&actn=show\\_content&id=621](http://statnano.com/index.php?ctrl=newsletter&actn=show_content&id=621)>. Acesso em: 10 maio 2017.

OECD (2016). **Nanomaterials in Waste Streams: Current Knowledge on Risks and Impacts**, OECD. Publishing, Paris. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264249752-en>>. Acesso em 31 mar 2017.

OGLIARI DAL FORNO, Gonzalo. Intraperitoneal Exposure to Nano/Microparticles of Fullerene (C60) Increases Acetylcholinesterase Activity and Lipid Peroxidation in Adult Zebrafish (Danio rerio) Brain. **BioMed Research International**. [s.l.]: Hindawi Publishing Corporation, v. 2013, Maio 2013.

PEARCE, David. "The Precautionary Principle and Economic Analysis." In: O'RIORDAN Timothy ; CAMERON, James. **Interpreting the Precautionary Principle**. London: Earthscan, 1994. p.132-151.

STIRLING, Andrew. **Risk, uncertainty and power**. Seminar Magazine, 597. pp. 33-39. Ano 2009. Disponível em: < [http://www.india-seminar.com/2009/597/597\\_andy\\_stirling.htm#top](http://www.india-seminar.com/2009/597/597_andy_stirling.htm#top) > Acesso em 11 abr. 2017.

STIRLING, Andrew. Risk, precaution and Science: towards a more constructive policy debate. European molecular biology organization. **EMBO reports**. Vol. 8. n. 4. P.309-315.ano 2007.

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

TEUBNER, Gunther. **Direito, Sistema e Policontextualidade**. Apresentação: Dorothee Susanne Rüdiger. Introdução: Rodrigo Octávio Broglia Mendes. Piracicaba: Editora Unimep, 2005. 300 p. ISBN 85-85541-60-1

TALLACCHINI, Mariachiara. Principio de precaución y bioseguridad: aplicación a la salud humana. In: ROMEO CASABONA, Carlos Maria (ed.) **Principio de precaución, biotecnología y derecho**. Granada: Comares, 2004. XII. p.85-98.

USPTO. United States Patent and Trademark Office. Disponível em: < <https://www.uspto.gov/>> Acesso em: 11 maio 2017.