

NANOTECNOLOGIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS AOS DIREITOS FUNDAMENTAIS

NANOTECHNOLOGIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TECHNOLOGICAL IMPLICATIONS TO FUNDAMENTAL RIGHTS

Mateus de Oliveira Fornasier*

Marcele Scapin Rogerio**

Como citar: FORNASIER, Mateus de Oliveira; ROGERIO, Marcelle Scapin. Nanotecnologias e desenvolvimento sustentável: implicações tecnológicas aos direitos fundamentais. Revista de Estudos Jurídicos UNESP, Franca, ano 19, n. 29, p. 1-20, jan-jul. Disponível em: <<http://seer.franca.unesp.br/index.php/estudosjuridicosunesp/index>>.

SUMÁRIO: Introdução; 1 Nanotecnologias e suas possibilidades para a obtenção de novas formas de energia; 2 O desenvolvimento sustentável na ordem jurídica internacional de direitos humanos; 3 O desenvolvimento sustentável na ordem constitucional brasileira; 4 A exploração eficiente e sustentável da nanotecnologia: políticas públicas brasileiras relacionadas ao desenvolvimento nanotecnológico; Considerações finais; Referências bibliográficas.

RESUMO: Pretende-se analisar potencialidades e concretizações das nanotecnologias, e seus possíveis reflexos na efetivação de direitos fundamentais (desenvolvimento sustentável, principalmente). O problema norteador foi: que reflexos são identificáveis na efetivação de direitos fundamentais ligados à dignidade da pessoa humana em virtude do desenvolvimento nanotecnológico? Como hipótese, propôs-se que as nanotecnologias apresentam potencialidades (especialmente como novas formas de energia) que contribuem para a efetivação do desenvolvimento sustentável. Contudo, faz-se necessária uma guinada no desenvolvimento de políticas públicas, que deverão contemplar de modo mais significativo o investimento público em nanotecnologias.

Palavras-Chave: Nanotecnologias. Desenvolvimento Sustentável. Energia.

ABSTRACT: *We aimed to discuss potentialities and achievements of nanotechnology, as well as its possible effects on the effectiveness of fundamental rights (especially sustainable development). Our guiding problem was: what reflexes are identifiable in the effectiveness of fundamental rights linked to human dignity because of nanotechnological development? As a hypothesis, we proposed that nanotechnologies have potential (especially regarding to the exploration of new forms of energy) that contribute to the realization of sustainable development. However, a shift in public policy development is needed, which should include more significantly public investment in nanotechnology. We used deductive methodology to do so.*

Keywords: *Nanotechnologies. Sustainable Development. Energy.*

INTRODUÇÃO

O trabalho tem como objetivo geral estabelecer uma relação entre desenvolvimento nanotecnológico (no tocante a novas formas de energia) e a efetivação

* Doutor em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil. Professor e Pesquisador nos Programas de Pós-Graduação "stricto sensu" (Mestrado) em Direitos Humanos e da Graduação em Direito da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), Ijuí/RS e da Graduação em Direito da Faculdade de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul (FADERGS), Porto Alegre/RS.

** Possui graduação em Direito pela Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ. Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Mestra em Direitos Humanos pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. Doutoranda em Ambiente e Desenvolvimento pela Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior - UNIVATES. Advogada devidamente inscrita na OAB/RS sob nº 86.481.

do direito fundamental ao desenvolvimento sustentável. Mais especificamente, apresentar um conjunto de fatos importantes, comunicados pela ciência, acerca das potencialidades das nanotecnologias para uma exploração eficiente e sustentável; expor as políticas públicas brasileiras relacionadas ao desenvolvimento nanotecnológico, comparando seu “estado de arte” àqueles de países considerados mais avançados na área (principalmente EUA, Japão e União Europeia) e estudar a evolução da ordem jurídica internacional de direitos humanos – e da ordem constitucional brasileira – no que diz respeito ao direito humano fundamental ao desenvolvimento sustentável.

O problema de pesquisa pode ser descrito como: que reflexos podem ser identificados na efetivação de direitos fundamentais ligados à dignidade da pessoa humana em virtude do desenvolvimento nanotecnológico? A metodologia empregada na investigação é hipotético-dedutiva, eis que se partirá de uma hipótese principal (acima descrita) e, a partir de sua apresentação, se observarão as possibilidades de sua confirmação a partir dos argumentos elencados. A abordagem será monográfica, eis que se tratará de uma questão específica, numa tentativa de abarcar em um todo, de modo não manualesco ou doutrinário (mas sim, exploratório e não pretendendo esgotar o tema de modo tratadista). A técnica de pesquisa será a bibliográfica, que remete ao estudo de fontes doutrinárias, como textos de livros, da legislação, o que proporciona possibilidade de discussão e reflexão dos fatos com vistas à transformação.

As nanotecnologias são inovações tecnológicas mediante as quais se torna possível manipular átomos e moléculas numa escala que medeia entre 1 e 100 nanômetros. Existem argumentos que tratam da possibilidade de mitigar impactos ambientais e sociais do processo produtivo através das oportunidades tecnológicas, como a biotecnologia e a nanotecnologia, por meio da inovação incrementada ou revolucionária (MARTINS, 2009).

A preocupação notória com o meio ambiente e com a qualidade de vida no planeta encaminhou o surgimento de um novo padrão da sociedade moderna, a sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável, na concepção de Derani (2001, p.132), deve estabelecer uma harmonia entre economia e ecologia, implicando “no ideal de um desenvolvimento harmônico da economia e ecologia que devem ser ajustados na correlação de valores onde o máximo econômico reflita igualmente um máximo ecológico”.

Para viabilizar esse desenvolvimento, e para assegurar a qualidade de vida da população e o desenvolvimento econômico, a geração de energia é fator primordial, e o consumo de energia um dos principais mecanismos para o progresso de todos os setores produtivos (REIS, 2003). Como tecnologia em desenvolvimento crescente, com expectativas de melhorias em diversas áreas, entre elas, a do meio ambiente, a nanotecnologia pode atingir de forma significativa o nosso modo de viver e ver o mundo. O meio ambiente, o funcionamento de nosso organismo e de outros seres vivos, bem como, a procura de uma nova matriz energética já estão e, aceleradamente, continuarão sendo o foco de estudos e pesquisas nanotecnológicas, tendo em vista o progresso da ciência (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005).

A fim de melhor concretizar o objetivo geral do texto, dividiu-se o mesmo em quatro objetivos específicos, cada um deles representado por um dos capítulos a seguir. No primeiro deles, busca-se elencar as possibilidades, comunicadas pela Ciência, de desenvolvimento de vários âmbitos técnicos a partir das nanotecnologias. Já o segundo intenta apresentar o desenvolvimento sustentável na normatização dos Direitos Humanos na ordem internacional, demonstrando-se como esse grande princípio é reconhecido e positivado por diversos Estados. O terceiro, por sua vez, apresenta o desenvolvimento sustentável na ordem constitucional brasileira de 1988, como sendo

corolário não apenas da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), mas também, de toda uma deontologia para o comportamento dos entes privados em relação ao meio ambiente. Por fim, apresentam-se as já existentes políticas públicas brasileiras relacionadas ao desenvolvimento nanotecnológico, bem como as propostas em andamento para o referido assunto.

1 NANOTECNOLOGIAS E SUAS POSSIBILIDADES PARA A OBTENÇÃO DE NOVAS FORMAS DE ENERGIA

É interessante que a imaginação de grandes cientistas e filósofos exercite na ficção prováveis variáveis para o futuro. Nesta senda, é interessante analisar a obra *2038: flagrantemente da vida no futuro* (2007), escrita por João Antônio Zuffo, a qual aguça sobremaneira qualquer imaginação otimista em relação ao futuro tecnológico, principalmente para os leitores brasileiros, pelo fato de seu autor ter realizado um esforço, em cerca de setenta contos curtos inter-relacionados, de focalizar o que seria o cotidiano dos habitantes das grandes cidades brasileiras de São Paulo (principalmente) e Rio de Janeiro (em menor escala) – o que é uma raridade com relação a tal tipo de obra, pois geralmente são escritas localizadas em um mundo fictício distante do contexto de um país em desenvolvimento.

Na referida obra, inovações extremamente significativas são apresentadas como possíveis, integrando o cotidiano (ZUFFO, 2007, p. 20-21). São descritos clones eletrônicos dotados de inteligência artificial que exercem tarefas tediosas do dia-a-dia profissional das pessoas; tratamentos de saúde que rejuvenescem verdadeiramente corpos envelhecidos; a cibernética invade praticamente todos os campos da socialização humana; e uma internet extremamente rápida, estável e poderosa sustenta a infosfera, acessível a partir de qualquer lugar por qualquer pessoa, concretizando um ideal de conhecimento coletivo. Mas o autor também trata das nanotecnologias em produtos cosméticos, de higiene pessoal humana e de limpeza de ambientes. Microbôs e nanobôs acionáveis pela infovia automática habitam o dia-a-dia dos brasileiros de todas as classes econômicas, escovando seus dentes, cobrindo seus corpos para a exposição segura ao sol, trocam automaticamente as fraldas de bebês, banham “virtualmente” seus corpos, fazem micromassagens para seu relaxamento. Também é relatado seu uso para a decoração de ambientes, acalmar perseguidos caso queiram reagir à prisão e, ainda, para a higienização de ambientes (inclusive com ação biocida). Além dessas funções, a vigilância da saúde física (acusando sintomas e ministrando remédios) seria realizada por estes maravilhosos aparatos nanoscópicos.

Obviamente o próprio autor trata de advertir, na introdução de sua obra, o caráter fictício e literário de tal trabalho, realçando se tratar de um escritor de espírito otimista, mas de forma alguma ingênuo quanto aos avanços científicos de um porvir não muito distante (apenas três décadas separariam o presente desta realidade futura por ele criada). Várias questões fluem na mente do leitor um pouco mais informado acerca da realidade científica das nanotecnologias, contudo, quando em contato com os textos tão bem escritos ora em discussão.

Primeiramente, é intrigante o fato de um país como o Brasil, rico em potencialidades econômicas, mas tão díspar tanto em relação aos países já considerados desenvolvidos quanto em relação às suas próprias classes sociais poder colocar as nanotecnologias no cotidiano de todos (o autor faz questão de examinar os cotidianos das classes econômicas A, B, C, D e E em sua obra). Haverá a concretização de forma tão democrática desta possibilidade futura?

Em segundo lugar, por mais que se ressalte que seja “possível que alguns deles [os avanços científicos] não ocorram no prazo aventado de 30 anos” (ZUFFO, 2007, p. 20), a experiência já ressabiada com tantas promessas das tecnologias provoca a descrença da inserção tão significativa de tais tecnologias no contexto da vida comum. Não se quer, aqui, acusar o autor de falso otimismo – mas certamente um olhar muito mais crítico deve ser operacionalizado quando se trata de algo tão poderoso.

Desta feita, cumpre realizar, a partir deste momento, uma breve análise do estado da arte, das promessas e dos riscos oferecidos pelas nanotecnologias. Abordar-se-á, portanto, o que são as nanotecnologias, quais são suas principais linhas de desenvolvimento técnico-científico e aplicações possíveis no cotidiano – conforme, obviamente, o que já se conhece acerca dos seus usos e aplicações.

Não apenas no campo da literatura como forma de arte as previsões certas de gênios da humanidade são verificáveis. Também a literatura científica apresenta grandes visionários coerentes, cujos trabalhos de “clarividência” podem ser tão coerentes quando qualquer texto realizado sob métodos científicos eficazes e bem aplicados. Note-se que também as nanotecnologias têm seu “profeta literário” – se for considerado, obviamente, não como literatura o seu trabalho, mas como previsão do futuro bem feita.

A ideia inicial do desenvolvimento nanotecnológico, no século XX, se dá com a palestra *There's Plenty of Room at the Bottom*, proferida em 29 de dezembro de 1959, por Richard Feynman (2004, p. 137-155). Neste trabalho o referido gênio lançou na contemporaneidade a infinita gama de possibilidades obteníveis com a exploração do universo nano. A fim de se aproximar do cotidiano do seu público, o referido cientista apresentou uma possibilidade técnica concreta que tornaria plausível escrever todos os volumes da Enciclopédia Britânica (com vinte e quatro volumes na época) na cabeça de um alfinete – com letras cerca de 25.000 (vinte e cinco mil) vezes menores do que o seu tamanho comum. A técnica usaria reversamente as lentes de um microscópio eletrônico (mas o cientista já previa a utilização de técnicas ainda mais elaboradas, rápidas e, talvez, mais baratas para tal).

Aliás, seu raciocínio continua com a redução da soma das maiores bibliotecas de sua época: do Congresso Norte-Americano, do Museu Britânico e a Nacional da França (o que somaria cerca de 24 milhões de exemplares) em uma área do tamanho de 35 páginas de um livro normal. Até mesmo a produção inteira da humanidade caberia, segundo seus cálculos, em um cubo de “material com um ducentésimo de polegada de largura” (FEYNMAN, 2004, p. 142).

Neste mesmo texto visionário, o físico propõe ainda a probabilidade de grandes melhoras para as pesquisas (e técnicas) da física, da biologia, da química e da informática, robótica, engenharia de materiais, medicina – enfim, praticamente todos os campos das ciências “duras” seriam diretamente beneficiados com tais técnicas. Em outras palavras: o gênio visionário do homem da ciência previa uma verdadeira revolução que poderia passar a ocorrer mais concretamente a partir do ano 2000.

O conceito de nanotecnologia se apresenta como um conjunto de tecnologias, de variadas áreas, que possuem em comum a manipulação de átomos e moléculas numa escala que medeia entre 1 e 100 nanômetro e que, juntamente com a nanociência, engloba projeto, manipulação, produção e montagem no nível atômico e molecular (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008). O termo nanotecnologia é constituído por três radicais de origem grega: *nano* significa anão; *tecno* se refere à arte (técnica); e *logia* diz respeito a discurso (saber ou ciência) (SIQUEIRA-BATISTA *et al*, 2010). A expressão nano se refere a uma medida, que corresponde a bilionésima parte de um metro, ou um milhão de vezes menor que o diâmetro da cabeça de um alfinete,

ou 80.000 vezes menor que a espessura de um fio de cabelo e, em uma representação numérica, 0,000 000 001 do metro (ALVES, 2005).

A nanotecnologia é, basicamente, transdisciplinar, envolvendo conhecimentos relacionados à Química, à Física, à Biologia, a várias Engenharias (de Materiais, Química, computacional, Elétrica, etc.) e Farmácia. Nanociência é “o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais nas escalas atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em uma escala maior”; já nanotecnologia é “o design, a caracterização, a produção e a aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala manométrica” (MCT, 2004).

Os objetivos das pesquisas e estudos em nanoescala tendem à imitação, à melhoria e à recriação de aspectos naturais da matéria (ENGELMANN, 2011), e o diferencial destas pesquisas é o potencial de se criar coisas com a manipulação de moléculas, pois estas, na escala pequena, não agem como nada na escala grande, uma vez que seguem as leis da mecânica quântica. Então, quando se desce de escala e se manipula com os átomos, há atuação de leis diferentes e, assim, espera-se fazer coisas diferentes e produzir de maneiras diferentes (FEYNMAN, 1959).

A nanotecnologia está permeando quase todo o setor produtivo mundial, mesmo que de maneira pronunciadamente incremental do que revolucionária, se incorporando aos portfólios de várias empresas, sejam as genuinamente nanotecnológicas, bem como as que estão se adequando a esta nova tecnologia. Os setores que mais tem se destacado no lançamento de produtos obtidos através da nanotecnologia, ou contendo-a embarcada, são os de energia, iluminação, automobilístico, embalagens, cosméticos, tecidos, fármacos, esportes (ABDI, 2010).

Observa-se que são diversas as áreas do conhecimento em que há estudos de manipulação nanotecnológica e, da mesma maneira, há diversas ações específicas e com o intuito de promover a conexão entre a nanotecnologia, sustentabilidade e mudanças climáticas. Espera-se que, nesta área, serão inúmeras as oportunidades de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e negócios, mormente nas questões relativas à água, aos desenvolvimentos de novos materiais para construção e ao aproveitamento de resíduos urbanos, agricultura, consumo de energia e meio ambiente (ABDI, 2010). No setor energético, destaca-se o desenvolvimento de produtos relacionados a sistemas fotovoltaicos, células solares e baterias (ABDI, 2010).

Considerando o aumento do consumo de energia global, consequência do crescente contingente populacional e da dependência humana a coisas que demandam consumo de energia, é evidente a importância do desenvolvimento da nanotecnologia no que diz respeito à materiais que favoreçam a obtenção de novas formas de energia. A energia consumida no mundo, em sua maioria, é derivada da conversão de energia de combustíveis fósseis, como o petróleo, gás e carvão, recursos naturais disponíveis na natureza, mas que diminuem com o uso, pois são recursos finitos. Além da possibilidade desses recursos esgotarem, os gases liberados para a atmosfera na produção de energia causam impactos ambientais e intensificam o efeito estufa (DAI *et al.*, 2012).

O aquecimento do clima global é um dos mais relevantes impactos das emissões de gases na atmosfera. Gases como o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozônio troposférico e clorofluorcarbonos, absorvem a radiação infravermelha criada quando a luz visível dos sol bate na Terra. Essa absorção e re-irradiação evitam que parte do calor seja devolvido ao espaço, causando a elevação da temperatura na superfície da Terra (INATOMI; UDAETA, 2007).

A obtenção de energia, principalmente a que se utiliza de fontes de combustíveis fósseis, provoca diversos impactos ambientais e, mesmo que a produção de energia seja primordial para o desenvolvimento pleno do ser humano, é necessário que se encontrem alternativas para que a geração de energia, tão fundamental para o desenvolvimento, não degrade o meio ambiente, que é o gestor dos recursos naturais essenciais à vida (INATOMI; UDAETA, 2007). Os graves efeitos ambientais para uma sociedade que têm como base a utilização de combustíveis fósseis na geração de energia exigem alternativas para substituição dos recursos energéticos, a fim de que se desenvolvam possibilidades de obtenção de energia com fontes de energia renováveis, que não se esgotam e não poluam (RATIER *et al*, 2012).

Consideram-se recursos renováveis ou perpétuos a energia geotérmica, energia hidráulica, biocombustíveis – etanol e biodiesel –, energia solar, energia eólica e biomassa (VICHI; MANSOR, 2009). Por considerar que os estudos desenvolvidos em escala nano referentes a células solares fotovoltaicas contendo nanomateriais estejam em constante evolução, destaca-se neste trabalho a obtenção de energia solar por meio destes dispositivos fabricados em escala nano.

O sol é um recurso natural, fonte de energia renovável, que não se esgota e não possui efeito nocivo ao meio ambiente. O cientista e físico Alexandre-Edmond Becquerel, no ano de 1839, descobriu o efeito fotovoltaico, o qual permite passar da energia solar para a energia elétrica (VIEIRA; FERRARI; SCHIAVON, 2014). Desde então, cientistas e engenheiros dedicam-se em pesquisas a fim de poderem converter a energia solar diretamente em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico.

Após o desenvolvimento da primeira célula solar de silício cristalino, a qual foi patenteada na década de 1950, as investigações tecnológicas referentes à potencialidade de painéis fotovoltaicos aumentaram depois da crise petrolífera desencadeada em meados de 1970 (TORGAL, 2012). Embora a energia solar seja uma alternativa capaz de substituir a utilização de combustíveis fósseis para geração de energia, sua aplicação ainda não é economicamente viável considerando o seu custo elevado de produção e de processos complexos de fabricação se comparado com fontes de energia tradicionais, o que limita o uso generalizado dessa tecnologia em painéis fotovoltaicos (PEET *et al*, 2009). Devido a crescentes avanços tecnológicos na área, espera-se que o custo da energia solar diminua cerca de 10% ao ano na próxima década, o que poderá igualar o custo da energia solar a dos combustíveis fósseis (DILLON *et al*, 2010).

Os materiais utilizados na fabricação de células solares podem colaborar significativamente para o avanço no uso mais eficiente da energia solar. Diferentes nanomateriais têm composto a estrutura de células solares fotovoltaicas e algumas especificidades estão sendo observadas, como a simplicidade do processo de síntese, larga faixa de absorção de luz e capacidade para conceber painéis solares flexíveis. Variadas nanoestruturas têm sido elaboradas para que sejam construídos dispositivos fotovoltaicos, a fim de se alcançarem rendimentos de conversão cada vez maiores com preços diminuídos. Levando em conta esta perspectiva, grupos de pesquisas estão desenvolvendo novos materiais com propriedades específicas para serem utilizados no aumento da eficiência de células fotovoltaicas e de dispositivos de armazenamento de energia (PEET *et al*, 2009).

A nanotecnologia possibilitou a manipulação de materiais capazes de aprimorar e desenvolver novas técnicas de caracterização e síntese de nanomateriais, e entre eles destacam-se os nanomateriais de carbono (NMCs) e pontos quânticos (PQs), que possuem propriedades interessantes tanto do ponto de vista científico quanto tecnológico. Comparando os nanomateriais com materiais convencionais, esses

possuem características específicas dependendo do seu tamanho e superfície (morfologia, propriedade elétrica, óptica e mecânica) capazes de melhorar a conversão e armazenamento de energia (RATIER *et al*, 2012).

Nesse sentido, a nanotecnologia tem demonstrado intenso desenvolvimento no que se refere à pesquisa e manipulação de materiais para compor a estrutura de dispositivos fotovoltaicos, capazes de contribuir com a obtenção de energia solar para ser revertida em energia elétrica, promovendo o desenvolvimento sustentável baseado no desenvolvimento energético com fontes de energias renováveis.

Observou-se, neste primeiro capítulo, grandes possibilidades de desenvolvimento técnico, industrial e científico a partir das nanotecnologias. Porém, não apenas um desenvolvimento como crescimento econômico deve ser concretizado, nesta senda: é fundamental que se siga a sustentabilidade, mormente no que tange ao meio ambiente e à saúde humana. Em outras palavras: parte-se para o estudo do que seja o desenvolvimento sustentável em termos gerais, começando-se a partir da ordem jurídica internacional, a fim de, logo após, explorar as possibilidades jurídico-normativas e políticas no que tange a tal forma tecnológica.

2 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ORDEM JURÍDICA INTERNACIONAL DE DIREITOS HUMANOS

O ser humano foi condicionado e educado para impor sua atitude sobre todas as coisas que existem. Essa ânsia de dominar tudo gerou conseqüências negativas e agora o homem está sujeito a um ambiente degradado (ZAMBERLAM; FRONCHETI, 2001). O homem desdenha qualquer dependência em relação a uma ordem natural. A natureza sujeita-se ao ser humano, pois a visão humana não tem medidas de equilíbrio, tem somente o próprio homem como referência única de todas as coisas, como centro do Universo. Foi com supedâneo nessa visão que se desenvolveu o modelo técnico-científico, iniciando-se a degradação ambiental a partir da Revolução Industrial no século XVIII, pois se acreditava que a natureza era uma fonte inesgotável de recursos, estes usados com a finalidade de acúmulo de capital (SEGURA, 2001).

Contudo, com o desenvolvimento tecnológico, o aumento demográfico populacional, a exploração demasiada dos recursos naturais, a poluição, a desigualdade social, dentre outros fatores, os problemas ambientais foram se acentuando, gerando uma insustentabilidade ambiental que, por fim, revelou a crise ambiental, inflando o surgimento de reflexões sobre a preservação dos recursos naturais em níveis mundiais (BRUGGER, 2004).

A partir da segunda metade do século XX, a necessidade de conservação dos recursos naturais deu causa ao movimento ambientalista, que passou a reclamar um desenvolvimento que fosse sustentável, ante o crescimento econômico mundial que desconsiderava os impactos ambientais. No plano internacional, na Conferência sobre a Biosfera, promovida pela UNESCO, em 1968, discutiu-se a fundamentação científica do uso e da conservação dos recursos naturais. Em 1971, em Founex, na Suíça, houve um memorável encontro onde se analisou a relação intensa e circular entre meio ambiente e desenvolvimento (SACHS, 1993). No mesmo ano, a UNESCO criou o programa O Homem e a Biosfera visando a engajar a comunidade científica no estudo das relações entre os seres humanos e o seu meio, com foco na conservação ambiental (LE PRESTE, 2000).

O autor prossegue explicando que, com a acentuação dos problemas ambientais globais, a ONU realizou a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, no ano de 1972, objetivando ressaltar a

responsabilidade do ser humano para a preservação do equilíbrio ambiental no planeta. Nessa Conferência foram definidos vinte e seis princípios, considerando, principalmente, as desigualdades sociais entre as nações, pelo que o desenvolvimento econômico seria pré-condição para o progresso na qualidade de vida e, conseqüentemente, para a redução da degradação ambiental (PASSOS, 2009). Quanto à diversidade biológica, afirmou-se que os recursos naturais deveriam ser protegidos para as presentes e futuras gerações, considerando a fauna e a flora como patrimônio da humanidade (MAGALHÃES, 1995).

Na cidade de Cocoyoc, México, em 1974, aconteceu uma conferência promovida pela ONU reunindo especialistas internacionais para discutir a utilização dos recursos, meio ambiente e estratégias de desenvolvimento. A declaração de Cocoyoc foi publicada no final desta conferência e continha uma mensagem de esperança em relação ao planejamento e à implementação de estratégias ambientais viáveis para a promoção de um desenvolvimento socioeconômico equitativo (SACHS, 1993).

Em 1980, a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) lançou a Estratégia Mundial para a Conservação, visando às problemáticas dos países em desenvolvimento e à conciliação dos conceitos de conservação e desenvolvimento sustentável. Seus princípios foram reafirmados em 1982, na Carta Mundial da Natureza, escrita pela UICN e confirmada pela ONU, avultando a necessidade de proteção dos habitats, da avaliação dos impactos ambientais e do direito à informação (QUINTÃO, 1983).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), estabelecido em 1972, pela ONU, foi criado para buscar uma conscientização ambiental e a implementação dos programas ligados a essa temática, destacando-se pela promoção e continuação das reuniões internacionais, realizadas desde a década de 80 (UNEP, 2000). No ano de 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMED), para promover o diálogo e a cooperação entre as nações sobre as questões ambientais e de desenvolvimento. Assim, em 1987, foi lavrado o Relatório Brundtland – texto preparatório à Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (ECO-92), popularmente – *Nosso Futuro Comum* –, no qual a ideia de desenvolvimento sustentável surgiu como a capacidade de garantir as necessidades das gerações futuras (ALMEIDA, 1990).

Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável, apesar de criticado como sendo um conceito insuficiente para a atualidade (DIEGUES, 1992), se apresentou como um grande avanço no campo das concepções de desenvolvimento e nas abordagens tradicionais, relativas à preservação dos recursos naturais, como um resgate da ideia de progresso e avanço tecnológico, socialmente justo, economicamente viável, ecologicamente sustentável e culturalmente aceito. O Relatório Brundtland, precursor da Convenção sobre Diversidade Biológica, foi o primeiro documento a evidenciar que o meio ambiente e a sua qualidade são temas coletivos, pois apontam para um futuro comum da humanidade (CENCI, 2012).

O Protocolo de Montreal foi assinado em 1987 e tratou sobre o acúmulo de substâncias agressivas à camada de ozônio, lançando os conceitos jurídicos dos princípios das responsabilidades comuns e da precaução que, posteriormente, foram incorporados na referida Convenção (LE PRESTE, 2000). Ainda, o Fundo Mundial para o Meio Ambiente foi criado em 1990, com o desígnio de apoiar projetos relacionados às mudanças climáticas, à rarefação da camada de ozônio, à poluição dos oceanos e à redução da biodiversidade – PNUMA.

Logo, na segunda metade do século XX, se firmou o compromisso com o desenvolvimento sustentável, uma manifestação inquestionável sobre a necessidade de

se encontrar um modo de crescimento que seja menos lesivo ao meio ambiente (VEIGA; EHLERS, 2010). Nesse sentido, afirmou-se a necessidade de os bens ambientais serem reconhecidos como a base de sustentação de todos os seres vivos, o que levará à composição da questão ambiental. Portanto, a compreensão da sustentabilidade do planeta depende, além da preservação dos recursos naturais, de seu uso, com reserva, e do seu acesso como direito público e universal (SILVA; VEIGA JÚNIOR, 2011).

Vale referir que o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade se enquadram no rol de direitos humanos de terceira dimensão (WOLKMER, 2003), considerando os direitos humanos um construído axiológico, uma invenção humana em constante processo de construção e reconstrução, fundamentado em um espaço simbólico de luta e ação social (ARENDRT, 1979). Os direitos humanos, assim, compõem a racionalidade de resistência humana, traduzindo espaços de luta pela dignidade por meio da esperança de um horizonte moral, pautado pela gramática da inclusão (FLORES, 2004).

Dessa feita, as reflexões sobre as circunspectas consequências da exploração descomedida do meio ambiente natural permitiram a divulgação da necessidade de proteção e conservação da natureza, e da restauração dos espaços destruídos, para afiançar a perpetuação de um ambiente saudável e adequado para o desenvolvimento de todos os seres vivos. E essas reflexões foram positivadas em pactos e convenções reconhecidas e ratificadas por vários Estados – dentre eles, o Brasil –, detendo força normativa, no que tange à fixação de políticas públicas que venham a normatizar o desenvolvimento sustentável. Com isso, parte-se para a análise dos reflexos que esse reconhecimento significou no ordenamento jurídico brasileiro.

3 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ORDEM CONSTITUCIONAL BRASILEIRA

Desenvolvimento sustentável, na concepção de Fiorillo, deve estabelecer um equilíbrio entre o desenvolvimento social, o crescimento econômico e a utilização dos recursos naturais, como segue:

[...] o princípio do desenvolvimento sustentável tem por *conteúdo* a manutenção das bases vitais da produção e reprodução do homem e de suas atividades, garantindo igualmente uma relação satisfatória entre os homens e destes com o seu ambiente, para que as futuras gerações também tenham oportunidade de desfrutar os mesmos recursos que temos hoje à nossa disposição (FIORILLO, p. 28, 2009).

A Convenção sobre Diversidade Biológica, estabelecida durante o evento ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992, e que passou a vigorar a partir de dezembro de 1993, foi o principal Instrumento, de cunho internacional, voltado às questões relacionadas ao meio ambiente, tendo sido assinada por mais de 160 (cento e sessenta) países (MACHADO, 2013).

Os direitos assegurados em documentos de alcance internacional são considerados fundamentais, válidos para todas as pessoas indistintamente, pois o próprio ser humano é o fundamento de todos os valores (BOBBIO, 2004). Nessa seara, oportuno definir desenvolvimento e sustentabilidade. Desenvolvimento significa crescimento econômico e o termo sustentabilidade, para a acepção de desenvolvimento sustentável, conceitua-se como sustentabilidade ecológica, política e social, com

enfoque na racionalidade ambiental e na busca por estratégias para se atingir a sustentabilidade (MENDES, 1993).

A noção de sustentabilidade funda-se em pelo menos dois critérios, onde as ações humanas são ponderadas quanto à incidência das consequências diante do tempo cronológico, pois os efeitos são analisados no presente e no futuro; bem como, ao se elaborar um prognóstico do futuro, é necessária a pesquisa sobre quais efeitos perpassarão, e suas consequências. Portanto, o conceito de sustentabilidade passa a qualificar, ou caracterizar, o desenvolvimento (MACHADO, 2013).

Assim, o desenvolvimento somente poderá ocorrer ao se considerar a questão intergeracional e a busca pela erradicação das desigualdades, pelo que a Convenção sobre Diversidade Biológica conceituou utilização sustentável como:

[...] a utilização de componentes da diversidade biológica de modo e em ritmo tais que não levem, no longo prazo, à diminuição da diversidade biológica, mantendo assim seu potencial para atender as necessidades e aspirações das gerações presentes e futuras (CDB, 1992).

O Estado Democrático de Direito tem como característica a democracia efetiva na política e a existência de leis admitidas pela sociedade. A sustentabilidade visa à conservação dos recursos naturais e à uma qualidade de vida satisfatória, sendo ela um dever jurídico e uma escolha política (DERANI, 2001). A definição largamente divulgada de sustentabilidade é a sugerida pela Comissão Brundtland, como informa Bursztyn (2001, p.78), qual seja “desenvolvimento sustentável é aquele que faz face às necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”.

Em relação aos Brasil, a Constituição Federal de 1988 a premissa de proteção ao meio ambiente está elencada em seu artigo 225, caput, que assegura a todos o direito ao gozo de um meio ambiente equilibrado ecologicamente, determinando a obrigação de todos para essa manutenção e busca, a fim de assegurar às coletividades, atuais e futuras, qualidade de vida e bem-estar (BRASIL, 2004). Esse dispositivo legal define e especifica os responsáveis pela sua defesa e preservação. Nesse sentido, coloca que 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 a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo, para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2004).

Referido dispositivo de lei define o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um dos direitos fundamentais juntamente com os demais direitos reconhecidos pelo legislador e elencados no rol do artigo 5º da Carta Magna, abarcando os direitos basilares das pessoas frente as suas posições jurídicas – individual, coletiva ou social; ainda, em sentido material, como sendo os que, mesmo não constantes no rol do referido artigo, mereçam, por conta de seu conteúdo e relevância, a equiparação aos direitos formais fundamentais (BRAUN, 2002).

A questão ambiental não é tratada, apenas, no Capítulo VI da Constituição, destinado ao Meio Ambiente, mas está presente em diversos capítulos, como na economia, desenvolvimento agrário, valorização das práticas culturais, evidenciando que as políticas públicas ambientais devem ser transversais. Isso quer dizer que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado está elevado à condição do uso comum do povo (MACHADO, 2003), essencial à sadia qualidade de vida e como um direito humano de terceira dimensão. Apesar disso, é possível constatar que os direitos humanos no Brasil, incluindo o direito ao meio ambiente, ainda não recebem o devido

tratamento e o respeito do Estado e da sociedade, mesmo que previstos na legislação constitucional e infraconstitucional.

Em sendo direito e obrigação de todos em zelar pela preservação ambiental, há o descumprimento das premissas constitucionais sempre que uma atividade, tanto do Poder Público, quanto da coletividade, degrada e/ou causa desequilíbrios no ambiente (MACHADO, 2009). Por isso, é possível, nos limites legais, exigir do Poder Público a proteção do ambiente no exercício de sua competência, como também a participação direta da sociedade na defesa desse patrimônio da humanidade (SIRVINSKAS, 2005), pelo que se destaca o Direito Ambiental como um ramo do direito que visa a regular a ação do homem e seus meios de produção com a natureza (BARROS, 2008, p.33).

O Direito Ambiental é fundamentado por princípios que proporcionam autonomia e dinâmica ao sistema normativo. Destacam-se os princípios do direito sustentável o da prevenção, da precaução, da função ambiental da propriedade, do poluidor pagador, da informação, da solidariedade intergeracional, da cooperação internacional. Diante do fato de o Direito Ambiental ser orientado por princípios, aliá-lo às premissas do sistema jurídico, tomando-o como norte, significa torná-lo um sistema legal em prol da preservação ambiental (BARROS, 2008).

É evidente que o princípio do desenvolvimento sustentável possui grande importância, ainda mais em uma sociedade desregrada, à mercê de parâmetros da livre concorrência e iniciativa, fatores que encaminham para o caos ambiental, inexoravelmente. Não existem dúvidas de que o desenvolvimento econômico também possui valor precioso na sociedade. No entanto, a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico devem coexistir, de maneira que um não acarrete a anulação de outro (FIORILLO, 2009).

Portanto, como visto, tanto as disposições legais de cunho internacional quanto as previsões contidas na Carta Magna brasileira, em especial, no artigo 225, são importantes instrumentos para se promover a proteção dos ambientes naturais e se alcançar a proposta do desenvolvimento sustentável, capaz de satisfazer as necessidades presentes e, ao mesmo tempo, assegurar que as futuras gerações, igualmente, possam usufruir de um meio ambiente equilibrado e sustentável. Mas ainda resta o questionamento: de que forma os postulados constitucionais acerca do desenvolvimento sustentável podem refletir (ou refletem) nas políticas públicas já existentes (ou ainda em vias de proposição) no Brasil? É sobre isso que versa o próximo trecho desse trabalho.

4 A EXPLORAÇÃO EFICIENTE E SUSTENTÁVEL DA NANOTECNOLOGIA: POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS RELACIONADAS AO DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO

A sustentabilidade do Planeta é o objetivo das determinações legais ambientalistas elaboradas pela sociedade mundial, em vista da notória degradação ambiental, muitas vezes declarada irreversível, por conta da exploração desmedida em favor de um desenvolvimento econômico considerado essencial e, ao mesmo tempo, devastador aos bens naturais. Como discorrido em liça, encontra-se na atualidade um desafio energético no sentido de encontrar alternativas que possibilitem viabilizar economicamente outros meios de obtenção de energia, em substituição aos combustíveis fósseis, como a captação de energia solar através da tecnologia científica.

A constante busca de energia a nível mundial colabora para o desenvolvimento insustentável da Terra. Calcula-se que até o ano de 2030 a procura de energia deva crescer 40%, aumento relacionado ao aumento da população mundial e ao fato do aumento de pessoas com acesso à eletricidade. O consumo de energia baseado

no uso de reservas fósseis não renováveis tem a face menos visível e com maior impacto ambiental devido às emissões de carbono (TORGAL, 2012). A singularidade verificada em materiais fabricados em escala nano permite que sejam construídos artificialmente dispositivos que podem ajudar na preservação do meio ambiente, colaborando com a diminuição de custos para obtenção de novas fontes de energia, especialmente a energia solar, apontada como alternativa ao uso de combustíveis fósseis.

As investigações tecnológicas sobre painéis fotovoltaicos intensificaram-se após a crise petrolífera desencadeada na década de 70. Um dos fatores que impedem que a tecnologia fotovoltaica atinja níveis satisfatórios de utilização é a reduzida eficiência de conversão, que demonstra o quociente entre a potência da luz solar incidente na célula e a potência elétrica gerada. Quanto maior for este parâmetro menor será a área de painel fotovoltaico necessário para gerar potência elétrica considerável e menor o investimento inicial. A primeira patente de uma célula fotovoltaica atingia um nível de eficiência aproximado de 4,5% de conversão e, embora esse índice tenha aumentado progressivamente, ainda apresenta um nível de apenas 15-22% para células de silício cristalino produzidas industrialmente (TORGAL, 2012).

A nanotecnologia tem demonstrado potencialidades que poderão, a curto prazo, contribuir para um aumento substancial da eficiência de conversão, e, para exemplificar esta capacidade, alguns experimentos utilizando-se de *quantum dots* apontaram para uma eficiência teórica de 63% de conversão (RAZYKOV, *et al*, 2011). Este fato apresentado é importante para evidenciar a extraordinária capacidade que a nanotecnologia possui em possibilitar a exploração da fonte de energia solar com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Um aspecto importante que deve ser considerado no desenvolvimento nanotecnológico é a possibilidade de sua interação com as políticas públicas, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Suas incontáveis potencialidades comportam indicar novas soluções para diversos e importantes problemas, entre eles problemáticas ambientais debatidas internacionalmente, no qual existe um espaço grande para a atuação da nanotecnologia no que se refere ao armazenamento, produção e conversão de energia (ABDI, 2010).

Em relação às políticas públicas brasileiras que versam, de alguma forma, sobre nanotecnologia, já existem instrumentos normativos em vigor, embora sejam poucos. Ainda, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe sobre medidas e significado dos termos relacionados à nanotecnologia. Entre as normas, relaciona-se o Decreto nº 6.112/2007, o qual promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia, celebrado no ano de 2004, em Brasília, que designa, entre outros, a cooperação entre as partes em atividades com uso das micro e nanotecnologias (FORNASIER, 2013).

Ainda, elenca-se a Convenção Coletiva de Trabalho da Federação dos Trabalhadores do ramo químico da CUT do Estado de São Paulo (FETQUIM-CUT), alterada pelo “Termo Aditivo” de 2012/2013, cuja modificação garante a informação aos membros da CIPA e do SESMT quando há utilização de nanotecnologia no processo industrial, bem como acesso a eles e aos trabalhadores de informações sobre riscos existentes à saúde e as medidas de proteção que devem ser adotadas. Há também a Portaria nº 245, instituída em 2012 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que estabelece o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO), o qual é regido pela Instrução Normativa nº 2, elaborada no mesmo ano (FORNASIER, 2013).

Embora já existam normas que buscam abarcar o tema, ainda não está em vigor uma lei estatal brasileira específica que regule o desenvolvimento e o risco nanotecnológico. Está em tramitação na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 5.133/2013, de autoria do Deputado Federal Sarney Filho, do qual a proposição está sujeita à apreciação conclusiva pela Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio (CDEIC) e, após, seguirá para apreciação das Comissões de Defesa do Consumidor e Constituição e Justiça e de Cidadania. Caso seja aprovado, versará sobre a regulamentação da rotulagem de produtos contendo nanotecnologia e a justificativa apresentada para a rotulagem é o direito de informação ao consumidor sobre possíveis riscos dos produtos “obtidos por processo nanotecnológico” (BRASIL, 2013).

Ainda, existe o Projeto de Lei nº 6.741 de 2013, o qual propõe a criação de uma política pública nacional de gestão dos riscos do desenvolvimento da nanotecnologia, observados os princípios da informação, transparência, participação social, precaução, prevenção e responsabilidade social (ENGELMANN; ALDROVANDI; BERGER FILHO, 2013). Referido projeto está aguardando deliberação na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), e após seguirá para deliberação das comissões de Seguridade Social e Família, Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática e Constituição e Justiça e Cidadania (BRASIL, 2013).

Apesar de já haver projetos de lei que pretendem regulamentar o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, os investimentos nessa área ainda são insipientes e pouco incentivados pelo poder público se comparados com países desenvolvidos, como os Estados Unidos, países europeus e Japão. Cita-se como exemplo o impulso à pesquisa promovido pelo governo dos EUA, que no ano de 2000 lançou, no California Institute of Technology, a National Nanotechnology Initiative, com investimentos aproximados de US\$ 495 milhões frente à nova revolução científica prometida pela nanotecnologia. O investimento estadunidense permitiu que outros programas nacionais ambiciosos ligados à área fossem deflagrados, sendo que no período do ano de 1997 e 2002, agências do governo de todo o mundo revelaram um crescimento de cinco vezes nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologias (FEYNMAN, 2004).

Observa-se que nos países que despontam em pesquisas nanoescalares os investimentos aplicados são altos, enquanto que no Brasil apenas em 2005 houve investimento significativo para tais pesquisas, embora inexpressivo se comparado com potências na área (FORNASIER, 2013). O Programa Nacional de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia foi criado em 2005 pelo governo federal e por meio dele houve liberação de recursos no valor de US\$ 30 milhões para o biênio 2005/2006 destinados à investigações nanotecnológicas (TOMA, 2005). Outro país onde as nanotecnologias estão em ritmo acelerado de desenvolvimento é o Japão, considerado o segundo país em ranking de investimentos em pesquisas em nanoescala. Enquanto no Brasil o investimento em 2005 foi de US\$ 30 milhões, no Japão, entre os anos de 2000 e 2003, a cifra investida saltou dos US\$ 245 milhões para US\$ 810 milhões (FORNASIER, 2013).

Através da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), promovida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 2013, que diz respeito a um conjunto de ações que objetivam criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes embasados na nanociência e na nanotecnologia, a fim de promover o desenvolvimento tecnológico e científico do setor, com foco na inovação,

foram liberados recursos que correspondem há, aproximadamente, R\$ 440 milhões, a serem investidos entre os anos de 2013 e 2014 (COELHO; GRESPLAN; LEÃO, 2013).

Em países como EUA, Japão e integrantes da União Europeia, nações consideradas desenvolvidas, o investimento em qualquer campo tecnológico, mormente à nanotecnologia, é destinado não somente em pesquisas, mas também em formação de profissionais capacitados para trabalhar com nanotecnologias, tanto na iniciativa privada como na pública, sendo que a aplicação de recursos nesse sentido é maior do que em países em desenvolvimento, como o Brasil (REDIGUIERI, 2009).

A análise das significações éticas, das implicações tecnológicas, políticas e sociais concernentes à introdução das nanotecnologias no Brasil e de seus desafios na legislação, na política e na ética, bem como a avaliação de suas oportunidades e possibilidades requerem a superação de obstáculos amparados no dogma da diferença epistemológica e metodológica entre as ciências humanas e naturais (SILVA, 2003). Por isso a importância da elaboração adequada e abrangente de normas que regulamentem pesquisas desenvolvidas em nanotecnologia, bem como que sejam divulgadas informações coerentes diante das possibilidades a serem alcançadas com materiais produzidos em escala nano, e dos efeitos que estes poderão causar ao meio em que a sociedade está inserida.

O equilíbrio ambiental e o bem-estar social é essencial para o progresso, e mesmo na sociedade de risco, onde as necessidades da humanidade exigem que se recorra aos avanços tecnológicos que, por sua vez, geram riscos, as pessoas precisam estar informadas para definirem se querem correr estes riscos. Apesar de o desenvolvimento tecnológico e o econômico ser imprescindível e desejável, não pode vir desacompanhado das preocupações éticas, sociais e jurídicas, em descompasso com o comprometimento da qualidade de vida das gerações presentes e futuras (SEBASTIÃO, 1998).

Nesse ínterim, é essencial que se desenvolvam políticas públicas adequadas ao desenvolvimento nanotecnológico, a fim de regulamentá-lo e incentivá-lo, aliando a máxima tecnológica com vistas ao desenvolvimento sustentável, posto que as inovações em escala nano poderão contribuir na busca pela eficiência energética renovável e para a proteção do meio ambiente, salvaguardando o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que a geração de energia é importante para assegurar a qualidade de vida da população e o desenvolvimento econômico, sendo o consumo de energia um dos elementares mecanismos que promovem o progresso de todos os setores da produção. Observou-se, principalmente, a necessidade de se prever alternativas que possibilitem o uso racional de recursos naturais para a geração de energia, buscando a sustentabilidade econômica e favorecendo um desenvolvimento sustentável que promova o direito humano de viver em um ambiente sadio.

O Estado Brasileiro evidencia o teor do artigo 225 da Constituição Federal, de crucial importância para a preservação do meio ambiente equilibrado, ante a abrangência de sua tutela, determinando a preservação, a recuperação e a preocupação com a manutenção do meio ambiente, diante dos constantes impactos causados pelas mais diversas ações antropogênicas, entre elas a geração de energia com a utilização de recursos naturais não-renováveis.

As pesquisas em escala nano revolucionaram o mundo científico por meio do alto potencial tecnológico empregado, o que possibilita a sua extensiva utilização e

aplicação, nos mais diversos ramos, especialmente no setor energético. Já são fabricados dispositivos fotovoltaicos com produtos nanotecnológicos, os quais são usados em painéis de captação de energia solar, uma alternativa que promove o uso racional de recursos naturais na captação de energia em substituição aos combustíveis fósseis, o que poderá colaborar com a vida humana e a estrutura do planeta, posto que não gera efeitos poluentes.

Nesse sentido, é possível que os produtos fabricados por meio da nanotecnologia contribuam com o desenvolvimento sustentável – no caso, painéis de energia solar para captação de energia limpa e renovável –, e causem reflexos na efetivação de direitos fundamentais, como o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. O desenvolvimento sustentável, além de colaborar com o aprimoramento de novas técnicas energéticas, também poderá cooperar para a transformação a um mundo mais sustentável.

Assim, é evidente a necessidade de se buscar, através de políticas públicas renovadoras e eficientes, fontes de energia limpa e renováveis, a fim de assegurar à toda a humanidade – gerações presentes e futuras - uma vida mais salutar, e, da mesma forma, buscar o desenvolvimento sustentável pela efetividade do direito fundamental à sadia qualidade de vida. Nesse sentido, restou demonstrado que a nanotecnologia apresenta potencialidades, mormente no que concerne à exploração de novas formas de energia, no caso a energia solar, que podem contribuir para a efetivação do princípio do desenvolvimento sustentável e para a perpetuidade desta sociedade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Cartilha sobre Nanotecnologia**. Campinas/SP: Fundação de Desenvolvimento da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP/FUNCAMP), 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2015.

ALMEIDA, Jalcione. **Projetos agrícolas alternativos e de diversificação**: em direção ao fim de um modelo de desenvolvimento? Paris: Mémoire de D.E.A., 1990.

ALVES, Oswaldo Luiz. **Nanotecnologia e Desenvolvimento**. Laboratório de Química em Estado Sólido–LQES. Unicamp, 2005.

ARENDRT, Hannah. **As Origens do totalitarismo**. Rio de Janeiro: Documentário, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

BARROS, Wellington Pacheco. **Curso de Direito Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BOBBIO, Norberto. **A Era dos Direitos**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

BRASIL. **Constituição Federal (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil: Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais. N° 1/92 a 42/2203 e pelas Emendas

Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94 - Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004.

_____. **Decreto nº 6.112, de 12 de maio de 2007.** Promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia, celebrado em Brasília, em 19 de janeiro de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2007/Decreto/D6112.htm> Acesso em: 04 abr. 2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia.** Proposta do Grupo de Trabalho Criado pela Portaria MCT n.º 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. Brasília: MCT, 2004.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, ano 149, nº 68, seção 1, p. 5.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Gabinete do Ministro. **Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, ano 149, nº 123, seção 1, p. 4.

BRAUN, Helenice. **O Brasil e os Direitos Humanos.** Ijuí: Unijuí, 2002.

BRUGGER, Peter. **Educação ou adestramento ambiental?** Florianópolis: Ed. Argos: 2004.

BURSZTYN, Marcel (Org.). **A difícil sustentabilidade:** Política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

CENCI, Daniel. O direito ao ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental da pessoa humana In BEDIN, Gilmar Antônio (Org.). **Cidadania, direitos humanos e equidade.** Ijuí: Unijuí, 2012.

COELHO, Denise; GRESPAN, Isadora; LEÃO, Fernanda. **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia:** Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia estimula inovação em empresas. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://nano.mct.gov.br/noticias/iniciativa-brasileira-de-nanotecnologia-2013-08-20/>> Acesso em 10 abr. 2015.

DAI, Liming *et al.* Carbon Nanomaterials for advanced energy conversion and storage. [S.l.], **Small**, v. 8, n. 8, p. 1130-1166, 2012.

DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico.** 2 ed. rev. São Paulo: Max Limonad, 2001.

DIEGUES, Antônio Carlos S. Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. **Revista São Paulo em Perspectiva.** São Paulo: Fundação Seade, p. 22-29, 1992.

DILLON, Anne. C. *et al.* Carbon Nanotubes for Photoconversion and Electrical Energy Storage. Washington: **Chemical Reviews**, v. 110, n. 11, p. 6856-6872, 2010.

ENGELMANN, Wilson. **As nanotecnologias e os novos direitos:** a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito. Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano. Montevideo, ano XVII, p. 383-396, 2011.

ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. Rio de Janeiro: **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 4, p. 115-127, 2013.

FEDERAÇÃO DOS TRABALHADORES DO RAMO QUÍMICO DA CUT DO ESTADO DE SÃO PAULO (FETQUIM-CUT). **Termo Aditivo à Convenção Coletiva de Trabalho FETQUIM-CUT 2012/2013, de 19 de abril de 2012.** Setor Farmacêutico. Disponível em: <http://www.sindusfarma.org.br/informativos/Aditivo_ABCD_2012_2013.pdf> Acesso em: 05 abr. 2015.

FERNANDES, Maria Fernanda Marques; FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). Rio de Janeiro: **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008.

FEYNMAN, Richard Phillips. **Plenty of Room at the Bottom.** 1959. Disponível em: <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>> Acesso em: 01 mar. 2015.

_____. **Há mais espaço lá embaixo.** Tradução de Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. Brasília: Revista Parcerias Estratégias, n. 18, p. 137-155, 2004.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro.** 10. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2009.

FORNASIER, Mateus de Oliveira. **Diálogo ultracíclico transordinal:** possível metodologia para a regulação do risco nanotecnológico para o ser humano e o meio ambiente. Tese de doutorado. São Leopoldo: Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos, 2013.

FLORES, Joaquín Herrera. Direitos Humanos, Interculturalidade, e Racionalidade de Resistência In: WOLKMER, Antônio Carlos (org). **Direitos Humanos e Filosofia Jurídica.** Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2004.

LE PRESTE, Philippe. **Ecopolítica internacional.** São Paulo: Senac, 2000.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.** São Paulo: Editora da USP, 2007.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil:** limites, alternativas e desafios. Campinas: Ambiente e Sociedade, 6.2: 122-136, 2003.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 11 ed., São Paulo: Malheiros, 2009.

_____. **Direito Ambiental Brasileiro**. 21 ed. ampl. e atual. São Paulo: Malheiros, 2013.

MAGALHÃES, Antônio R. Um estudo de desenvolvimento sustentável no Nordeste semi-árido. In: CAVALCANTI, Clóvis. (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 1995, p. 254–262.

MARTINS, Paulo. Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. **Estudios Sociales**, Sonora, v. 17, n. 34, p. 291-309, 2009.

MENDES, Armando Dias. **Breve itinerário dos ecossistemas à ecopoesia: Achegas para o seu traçado**. São Paulo: Brasiliense, 1993.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. **A Conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente**. Revista Direitos Fundamentais & Democracia, 2009. Disponível em: <<http://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/viewArticle/18>> Acesso em: 03 abr. 2015.

PEET, Jeff. **“Plastic” solar cells: self-assembly of bulk heterojunction nanomaterials by spontaneous phase separation**. Washington: Accounts of chemical research, v. 42, n. 11, p. 1700-1708, 2009.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Divisões de leis e convenções do meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.pnuma.org.br/interna.php?id=56>> Acesso em: 04 abr. 2015.

QUINTÃO, Ângela Tresinari B. **Evolução do conceito de parques nacionais e sua relação com o processo de desenvolvimento**. Brasília: Brasil Florestal, v. 13, n. 54, p. 13-28, 1983.

RATIER, Bernard *et al.* Organic Solar cell materials and active layer designs-improvements with carbon nanotubes: a review. Londres: **Polymer International**, v. 61, n. 61, p. 342-354, 2012.

RAZYKOV Takhir et al. Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. Austrália: **Solar Energy**, v.85, n. 8, p. 1580-1608, 2011. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0038092X1000366X/1-s2.0-S0038092X1000366X-main.pdf?_tid=7b6ed37c-e2ca-11e4-9888-00000aab0f6c&acdnat=1429032181_a7811504e78512958261c475868f659a> Acesso em 13 abr. 2015.

REDIGUIERI, Carolina Fracalossi. Study on the development of nanotechnology in advanced countries and in Brazil. São Paulo: **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 2, p. 189-200, 2009.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade**. 3 ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundação do desenvolvimento administrativo, 1993.

SARNEY FILHO, José. **Projeto de Lei da Câmara nº 5.133, 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/fichadetramitacao?idProposicao=567257>> Acesso em: 03 abr. 2015.

SARNEY FILHO, José. **Projeto de Lei nº 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/fichadetramitacao?idProposicao=600333>> Acesso em 03 abr. 2015.

SEBASTIÃO, Jurandir. **A aplicabilidade da teoria dinâmica de distribuição**. Minas Gerais: Revista Jurídica Unijus, v.1, n.1, p.1-272, 1998.

SEGURA, Denise de Souza Baena. **A educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica**. São Paulo: FAPESP, 2001.

SILVA, Ildete Regina Vale da; VEIGA JÚNIOR, Celso Leal da. Sustentabilidade e fraternidade: algumas reflexões a partir da proposta de um direito ambiental planetário. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 15, p. 25-42, 2011.

SILVA, Marise Borba da. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. Piracicaba: **Revista IMPULSO**, v. 14, n. 35, p. 75-93, 2003.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual do Direito Ambiental**. 3 ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2005.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo et al. Nanociência e Nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Minas Gerais: **Revista Ciência e Educação**, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010.

TOMA, Henrique E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. São Paulo: **Química Nova**, v. 28, p. S48-S51, 2005.

TORGAL, Fernando Pacheco. **Contributos da nanotecnologia para os Nearly Zero Energy Buildings (NZEB)**. Universidade do Minho: Maquinaria, v. 221, p. 58-63, 2012.

VALADARES, Eduardo C.; CHAVES, Alaor S.; ALVES, Esdras G. **Aplicações da física quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

VEIGA, José Eli da Veiga; EHLERS, Eduardo. **Diversidade biológica e dinamismo econômico no meio rural**. MAY, Peter (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática, 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2010.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. São Paulo: **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

VIEIRA, Kayo de Oliveira; FERRARI, Jefferson Luis; SCHIAVON, Marco Antônio. Preparação e caracterização de nanomateriais contendo pontos quânticos de CdTe e nanotubos de carbono para aplicações em dispositivos fotovoltaicos. Minas Gerais: **Revista Vozes dos Vales**, n. 06, 2014.

UNEP. **Sustaining life on Earth: how the Convention on Biological Diversity promotes nature and human well-being**. 2000. Disponível em: <<https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-sustain-en.pdf>> Acesso em: 29 mar. 2015.

ZAMBERLAM, Jurandir; FRONCHETI, Alceu. **Agricultura ecológica: preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

WOLKMER, Antônio Carlos. **Introdução aos fundamentos de uma teoria geral dos “novos” direitos** In WOLKMER, Antônio Carlos; LEITE, José Rubens Morato (Org). Os “novos” direitos no Brasil: natureza e perspectivas. São Paulo: Saraiva, 2003.

ZUFFO, João Antonio. **2038: flagrantemente da vida no futuro**. São Paulo: Saraiva, 2007.