



Inovação nanotecnológica: criação, transformação e possíveis efeitos sobre o meio ambiente e o ser humano

Innovation in nanotechnology: creation, transformation and possible effects on the environment and human beings

Mateus de Oliveira Fornasier *

Marcele Scapin Rogerio **

RESUMO

O progresso tecnológico é um fator importante para o desenvolvimento da sociedade humana, e a nanotecnologia revoluciona o mundo científico com a possibilidade de alteração molecular em escala nano dos mais diversos elementos encontrados na natureza. Assim, o presente estudo tem por objetivo identificar o que é a nanotecnologia, sua aplicabilidade nos setores produtivos, com destaque para o ramo alimentício e da agricultura, bem como a necessidade de identificação precisa das consequências que as alterações químicas geradas nesse processo podem significar quando inseridas ao meio ambiente e em contato com o meio biológico do ser humano.

Palavras-chave: Nanotecnologia; Meio Ambiente; Ser Humano; Consequências.

ABSTRACT

Technological progress is an important factor for development of human society, and nanotechnology revolutionizes the scientific world with the possibility of molecular nanoscale changes of the most diverse elements found in nature. This study aims to identify what is nanotechnology, its applicability in the productive sectors, especially the food industry and agriculture, and the need for precise identification of consequences that chemical changes generated in this process can mean when inserted in the environment and put in contact with biological environment of the human being.

Keywords: Nanotechnology; Environment; Human Being; Consequences.

INTRODUÇÃO

A busca pelo conhecimento e a inovação tecnológica permite avanços capazes de alterar a composição natural de elementos que constitui meio ambiente. Considerando-a uma inovação no ramo tecnológico, este trabalho aborda a

* Doutor em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Professor do Curso de Mestrado em Direitos Humanos da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijui). Endereço: Rua do Comércio, 3000, Bairro Universitário, CEP 98700-000, Ijuí, RS. Telefone: (55) 3332 0200. E-mail: mateus.fornasier@gmail.com.

** Graduada em Direito pela Universidade de Cruz Alta (Unicruz). Especialista em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestranda em Direitos Humanos pela Unijui (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul). Endereço: Rua do Comércio, 3000, Bairro Universitário, CEP 98700-000, Ijuí, RS. Telefone: 55 3332 0200. E-mail: cele_scapin@yahoo.com.br.

nanotecnologia em relação ao seu uso em vários setores, mormente no que se refere ao seu emprego na produção de alimentos e na agricultura, bem como a importância de conhecer seus possíveis efeitos, a fim de impedir que consequências negativas sejam desencadeadas sobre o meio ambiente e o ser humano.

A produção de elementos em escala nano permite a imitação e a recriação da natureza. Diversos setores a estão incorporando para a fabricação de seus produtos, que inclusive já são oferecidos no mercado de consumo. Destacam-se neste trabalho as áreas de alimentos e da agricultura, essenciais à vida humana. Como ocorre alteração química nos materiais em que a nanotecnologia é agrupada, os efeitos dessa manipulação química sobre o meio ambiente e o ser humano ainda não são conhecidos, e podem causar consequências negativas, embora se saiba que são muitas as melhorias que essa técnica pode agregar.

Assim, é imprescindível que se conheçam quais os impactos que poderão surgir, e se são significativos a ponto de comprometer a dinâmica natural das coisas, exigindo forte atuação do Estado, a partir de políticas públicas que incentivem a pesquisa, bem como a elaboração de leis adequadas para o controle da disposição de vários produtos no mercado e informações apropriadas a respeito do tema para conhecimento da população.

Delimitado o assunto, acredita-se que o estudo sobre a nanotecnologia, bem como da produção que está fazendo uso dessa técnica, torna-se imprescindível, pois ela pode provocar consequências, ainda imensuráveis, devido à falta de conhecimento específico sobre os seus efeitos. Assim, espera-se contribuir, de modo significativo, para a compreensão desse tema relevante, e, com isso, favorecer a busca pelo bem-estar da sociedade e das futuras gerações. Ademais, deve-se enfatizar que os impactos de uma mudança desse porte na saúde humana não podem ser avaliados em curto prazo. É possível que sejam necessárias décadas que esses impactos sejam mensurados. Portanto, mesmo os estudos atuais que argumentam não haver prejuízo à saúde podem, no longo prazo, mostrarem-se equivocados.

ASPECTOS CONCEITUAIS DE NANOTECNOLOGIA E A SUA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA

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 se situa no intervalo entre 1 e 100 nanômetros, 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 gregos: *nano* significa anão; *tecno*, arte; e *logos*, saber ou ciência (SIQUEIRA-BATISTA et al., 2010). A expressão *nano* é uma medida correspondente à bilionésima parte de um metro ou um milhão de vezes menor que o diâmetro da cabeça de um alfinete ou, ainda, 80 mil 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 químicos, físicos, biólogos, engenheiros e farmacêuticos, entre profissionais de outras áreas. 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” (BRASIL, 2004b).

O objetivo das pesquisas e estudos em nanoescala tende à imitação e à recriação da natureza (ENGELMANN, 2011), sendo o seu diferencial o potencial de se criar coisas com a manipulação de átomos e moléculas. 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).

Historicamente, a ciência, bem como outras áreas do conhecimento, há muito tempo vem se preocupando com o muito pequeno. A teoria de que tudo seria composto por átomos foi desenvolvida por Leucipo de Mileto, no século V a. C. No século XIX, John Dalton acrescentou a noção da indivisibilidade do átomo, os quais seriam como uma bola de bilhar, e de que os elementos eram constituídos por átomos do mesmo tipo. Ernest Rutherford, no início do século XX, propôs o modelo de átomo semelhante ao sistema solar; e Niels Bohr propôs o modelo pelo qual os elétrons giravam ao redor do núcleo em órbitas circulares, e que somente algumas órbitas eram permitidas (ABDI, 2010).

Foi por meio do cientista Richard Feynman que o século XX marcou o início do desenvolvimento nanotecnológico, uma vez que o estudioso sugeria que, na dimensão atômica, trabalha-se com leis diferentes e, assim, devem ser esperados eventos diferenciados, com outros tipos de efeitos e novas possibilidades. Nesse sentido, Fornasier (2013, p. 35) refere que o marco inicial nanotecnológico ocorreu em 1959, conforme segue:

A ideia inicial do desenvolvimento tecnológico, no século XX, se dá com a palestra “There’s plenty of room at the bottom”, proferida em 29 de dezembro de 1959, pelo cientista premiado com o Nobel da Física de 1965, Richard Feynman. Nesse trabalho, o referido gênio lançou na contemporaneidade a infinita gama de possibilidades obtíveis 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).

O termo nanotecnologia foi primeiro utilizado pelo professor Norio Taneguchi, da Universidade de Ciência de Tóquio, em 1974. Ele usou esse termo para descrever a fabricação precisa de novos materiais com tolerâncias manométricas (MARTINS, 2008). Entretanto, foi com a publicação do livro de Eric Drexler, intitulado *Engines of creation*, em 1986, que a nanotecnologia foi popularizada (FORNASIER, 2013). Foi no começo da década de 1980 que o primeiro instrumento que possibilitaria, efetivamente, mover átomos individuais foi inventado por Binnig e Rohrer, o chamado microscópio de varredura por tunelamento (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008).

Considerando esses acontecimentos, duas décadas após o pronunciamento de Feynman, no ano de 1982, a IBM conseguiu a patente do microscópio de varredura de tunelamento eletrônico (*scanning tunneling microscope* – STM), que possibilita a visualização de imagens em tamanho nano. A partir desse microscópio, foi desenvolvido outro, denominado microscópio de microsondas eletrônicas de varredura (*scanning probe microscope* – SPM), que permite visualizar e manipular

átomos e moléculas. A utilização desses aparelhos possibilitou escrever parte do discurso de Richard Feynman em escala manométrica (MARTINS, 2008).

Assim, apenas no início da década de 1980, o desenvolvimento nanotecnológico começou a se tornar realidade após físicos europeus operarem microscópios de varredura por sonda, que funcionam através do mapeamento dos objetos de dimensões atômicas, mediante o uso de uma agulha afiada, que atua como se estivesse explorando de maneira muito precisa a estrutura em análise. As décadas que se seguiram possibilitaram o desenvolvimento dessa técnica, bastante difundida na atualidade, incluindo o desenvolvimento de microscópios eletrônicos que permitem a visualização de átomos e detalhes de objetos em escala nanométrica (FORNASIER, 2013).

Em 1985, ocorreu a descoberta de uma importante estrutura molecular para a nanotecnologia, os fulerenos, compostos por carbonos 60 (C₆₀) e que são a terceira forma de carbono mais estável, depois do diamante e do grafite. A equipe de cientistas Harold Kroto, da Universidade de Sussex, Robert Curl e Richard Smalley, da Universidade de Rice, USA, revelou o fulereno, o que rendeu a Kroto, Curl e Smalley o prêmio Nobel de Química de 1996 pela colaboração no descobrimento. Outra importante descoberta foi o nanotubo de carbono, que possui como característica ser 100 vezes mais resistente que o aço e 6 vezes mais leve que o alumínio (MARTINS, 2008).

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

No setor energético, destaca-se o desenvolvimento de produtos relacionados a sistemas fotovoltaicos, células solares, baterias; na iluminação, LEDs baseados em *quantum dots* para iluminação pública, domiciliar e automobilística; no setor automobilístico, pinturas especiais (não riscam, autolimpantes); no esporte, roupas esportivas antitranspirantes e antibactericidas, calçados para esportes; no setor têxtil, tecidos resistentes à sujidades (efeito lótus); no ramo de embalagens, recipientes bactericidas (prata) para guardar alimentos perecíveis; nos cosméticos, destacam-se protetores solares e produtos para maquiagem, e nos fármacos novas formas de administração (nanoemulsões e nanopartículas) (ABDI, 2010).

Diante das diferentes aplicabilidades dos conhecimentos acerca das nanotecnologias relacionados ao desenvolvimento de materiais e técnicas biológicas, destacam-se os “blocos de construção” biológicos, ácidos nucleicos e nanoestruturas biológicas, além de sistemas microeletromecânicos (MEMs), sistemas nanoeletromecânicos (NEMs) e chaveamento molecular e supramolecular (FORNASIER, 2013).

No setor de ciências da vida, além dos fármacos, existem no mercado materiais implantáveis, materiais bioabsorvíveis, materiais para reparação óssea; sensores implantáveis (pressão); sistemas de *drug delivery* com sensores e autodosadores (insulina); sistemas de processamento de alta *performance* e multianálise (DNA); implantes de retinas (eletrônicas) e sistemas de audição (cocleares); ferramentas de diagnóstico; *lab-on-a-chips*; entre outros (ABDI, 2010).

Observa-se que há diversas ações com o intuito de promover a conexão entre a nanotecnologia, sustentabilidade e mudanças climáticas. Espera-se que, nessa área,

serão inúmeras as oportunidades de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e negócios, mormente nas questões relativas à água, ao desenvolvimento de novos materiais para construção e ao aproveitamento de resíduos urbanos, agricultura, consumo de energia e meio ambiente (ABDI, 2010).

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, a procura de uma nova matriz energética, já são e, aceleradamente, continuarão sendo o foco de estudos e pesquisas nanotecnológicas, tendo em vista o progresso da ciência (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005)

A POSSIBILIDADE DE INCORPORAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS COMO O DA ALIMENTAÇÃO E DA AGRICULTURA

A nanotecnologia, juntamente com outras oportunidades tecnológicas, como a biotecnologia e a tecnologia de informação, está possibilitando a alteração dos sistemas de alimentação e agricultura, podendo-se considerar que os impactos da convergência da escala manométrica que incidem sobre os agricultores e alimentos serão maiores que os da mecanização agrícola ou revolução verde (FERRONATO, 2010).

As análises sobre as nanotecnologias e seu aproveitamento na cadeia de alimentos são promissoras, inclusive na agricultura, a iniciar no preparo do solo, do plantio, com a seleção de sementes e a utilização de fertilizantes e bactericidas, até a industrialização e fabricação de novos tipos de comida, bem como de embalagens. A perspectiva que se apresenta para o uso das nanotecnologias na esfera alimentar parece ser infinita. É possível no processo de fabricação alterar o sabor, a cor, a resistência e consistência do alimento, bem como a estética, graças ao emprego de nanotecnologia (SILVA; ENGELMANN; CALAZANS, 2013).

No que concerne aos nanoalimentos, incluem-se nessa definição não somente alimentos e bebidas que possuem nanopartículas em sua composição, mas também tudo o que entrar em contato com alimentos e bebidas, como rações, vacinas, pesticidas, embalagens, etc. Como exemplos de nanoalimentos, citam-se: nanopartículas e nanocápsulas que são misturados aos alimentos e bebidas com a função de mudar seu sabor e a textura; nanopartículas adicionadas na ração de frangos, com efeitos antibióticos; pesticidas, que podem facilmente ser absorvidos por plantas; vacinas para tratamento de peixes; embalagens de alimentos, com o objetivo de ampliar a validade, controlar variação de temperatura, proteger alimentos contra fungos e bactérias, etc. (ENGELMANN; ALDROVANDI; BERGER FILHO, 2013).

O setor do agronegócio já está sendo afetado, direta ou indiretamente, pela nanotecnologia, por meio do desenvolvimento de defensivos agrícolas; o melhoramento genético de animais e plantas; a diminuição local e ambiental da emissão de poluentes, por intermédio de conversão eficiente de energia; do desenvolvimento de materiais e dispositivos novos, que combinem funções biológicas com outras propriedades desejáveis dos materiais sintéticos e o incremento de sistemas integrados de sensoriamento, monitoramento e controle de doenças e pragas que atingem alimentos e bebidas (FERRONATO, 2010).

Pesquisas apontam que agrotóxicos com ingredientes ativos em escala nanométrica já estão circulando no mercado. A principal vantagem da nanoformulação é que os agrotóxicos se dissolvem mais facilmente na água, simplificando sua aplicação em áreas cultivadas. A Basf da Alemanha, a Bauer Crop Science, a Syngenta e a Monsanto, as maiores empresas mundiais de agrotóxicos, já exploram o uso de nanopartículas para fins de desenvolvimento de agrotóxicos (GRUPO ETC, 2005).

A nanotecnologia também está sendo estudada para a aplicação na limpeza de solos contaminados por metais pesados e para o melhoramento genético de animais e plantas, visto que para essas pesquisas os processos vitais basilares na agricultura são explorados a partir de investigações científicas em biologia celular e molecular. Já existe o desenvolvimento de variedades de plantas que se adaptam às condições climáticas do local da cultura, sendo mais produtivas e menos suscetíveis a pragas e doenças, por meio da modificação do patrimônio genético de variedades de plantas menos resistentes a um determinado tipo de doenças (DURÁN; MATTOSO; MORAIS, 2006).

As manipulações nanotecnológicas realizadas pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias –, no Brasil, ocorrem em 16 centros de pesquisa e nos Labex (Laboratórios Virtuais de Intercâmbio com outros países) que a empresa possui em Montpellier (França), Wageningen (Holanda) e Washington (Estados Unidos), além de 10 universidades brasileiras parceiras. Já existem resultados obtidos, como o desenvolvimento de revestimentos de biopolímero, que aumentam o tempo de conservação de frutas, e a “língua” eletrônica, que possibilita a classificação do café com uma margem mínima de erro. Embora os avanços nas pesquisas ainda sejam incipientes se comparados com os horizontes apontados para o setor, é um estudo promissor (SANTOS JUNIOR; CHAIM, 2013).

No Brasil, há ainda outras instituições (inclusive universidades) que se destacam no desenvolvimento de nanotecnologia – criando cursos de graduação e de pós-graduação na área, bem como intensificando pesquisas nesse sentido. Há de serem ressaltadas as informações organizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na Pesquisa de Inovação (Pintec) de 2011, a qual apresenta resultados interessantes para o caso brasileiro sobre o uso da nanotecnologia por setor da economia (indústria e serviços, principalmente) acerca da inovação nanotecnológica no Brasil. Observa-se que, no período referente à Pintec 2011 (entre 2009 e 2011), 1.132 empresas declararam ter realizado alguma atividade relacionada ao uso, produção e pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia. No setor da indústria, o número de empresas que realizaram atividades em nanotecnologia cresceu cerca de 135%. Em relação à taxa de inovação para o conjunto de empresas que realizaram alguma atividade em nanotecnologia, das 1.132 que realizaram tais atividades, 86,1% foram inovadoras. Em relação ao setor de serviços, tais proporções foram menores do que nas empresas industriais: 0,2% das empresas inovadoras de serviços realizaram atividades em nanotecnologia – sendo que apenas aquelas com 10 a 29 pessoas ocupadas e com 500 ou mais pessoas ocupadas figuraram com participação nessas atividades: 0,2% e 1,7%, respectivamente (BRASIL, 2013).

Em se tratando de melhoramentos na agricultura e na produção de alimentos que daí decorre, é necessário lembrar que a nanotecnologia promove a alteração química dos elementos, e essa escala de geração do conhecimento desafia a humanidade, pois é necessário obter dela efeitos práticos que possam alcançar benefícios aos humanos. Sendo assim, como nova possibilidade de conhecimento, antes de se festejar os avanços, torna-se imperioso analisar, com a maior precisão possível, as

consequências e os desdobramentos que serão provocados nos diversos espaços humanos (ENGELMANN, 2010).

Quando Feynman discorreu sobre a nanotecnologia e a possibilidade de alteração dos átomos e moléculas dos materiais, ele advertiu que não estava ingressando num espaço de possibilidades onde tudo era permitido. Existe um princípio que deverá ser observado: “Você não poderá colocá-los, de uma maneira que eles fiquem quimicamente instáveis”. Reside nessa informação uma limitação para a pesquisa em nanoescala, e é aí que se encontra o perigo: as possibilidades dessa escala poderão levar os pesquisadores a operar combinações que não se deixam mais controlar (ENGELMANN, 2010).

As incertezas que cercam as nanopartículas aplicadas aos alimentos, embalagens e produção agrícola ocorrem porque a complexidade das combinações dos átomos provoca ligações que, de acordo com Roukes (2008, p.08) “[...] afetarão umas às outras de maneira que ainda não entendemos e, portanto, não podemos controlar”. Nesse sentido, serão necessárias mais respostas das ciências naturais sobre os possíveis efeitos dessas nanopartículas em relação ao ser humano e ao meio ambiente. Devido à limitação dos dados disponíveis sobre as consequências do incremento da nanotecnologia nos setores produtivos, mormente o de alimentação e agricultura, é preciso respeitar as incertezas, desencadeando uma atitude proativa na gestão desses riscos. O panorama que surge em relação aos exemplos das nanotecnologias aplicadas aos alimentos e à agricultura evidencia variados riscos ainda sem uma devida fundamentação científica, mas com a produção já chegando ao mercado consumidor (ENGELMANN; ALDROVANDI; BERGER FILHO, 2013).

As transformações das propriedades e características das coisas produzidas a partir da manipulação em escala nano devem ser analisadas, visto que elas se mostram diferentes das que existem na escala que não seja nano. É indiscutível que a produção em escala nano promete muitos benefícios, mas é prudente e necessário que haja um controle adequado dos resultados das suas interações com os meios biológicos, que poderão sofrer com os possíveis riscos toxicológicos (ENGELMANN, 2011).

As informações científicas referentes aos efeitos provocados pelas nanopartículas ainda não são conhecidas e, conforme o relatório da Royal Society and Royal Academy of Engineering (2004), do Reino Unido, não existem informações disponíveis quanto aos efeitos das nanopartículas sobre outras espécies, salvo algumas exceções com relação ao ser humano, além de não se saber o comportamento dessas partículas no ar, na água ou no solo, e nos alimentos.

A utilização da nanotecnologia nos alimentos e na agricultura é extremamente poderosa do ponto de vista incremental e até mesmo revolucionário, pois decorre da tecnociência, podendo também, da mesma forma que a utilização dos agroquímicos e da biotecnologia, produzir efeitos maravilhosamente benéficos e/ou tremendamente maléficos, sendo possível, até mesmo, haver a demanda de algum tipo de regulamentação por parte do Estado (DULLEY, 2007).

Observa-se que qualquer decisão que verse sobre nanopartículas deverá ser ponderada, avaliando-se a repercussão que ela poderá ter no conjunto de energias e forças reciprocamente instaladas pela natureza, questionando os meios e as condições ambientais onde as interações ocorrem, e a partir das quais poderão emergir efeitos nanotoxicológicos desconhecidos. Engelmann, Aldrovandi e Berger Filho (2013, p. 119) são autores que manifestam preocupação quanto à regulação normativa do processo de produção nanotecnológico, conforme transcrição:

De qualquer modo, a avaliação ambiental deverá partir do ciclo de vida do produto, considerando as suas possibilidades de interação desde a matéria-prima, passando pela pesquisa e processo produtivo em escala industrial, a sua comercialização, consumo e descarte, incluindo as possibilidades de reciclagem. Não se poderá deixar de lado a exposição, o transporte e a transformação dos produtos, a fim de avaliar efetivamente os níveis de impactos em relação ao ser humano e ao meio ambiente. A regulação das nanotecnologias parece que inaugura uma nova forma de normatização, isto é, um conjunto multicêntrico de regras e princípios que deverão nortear a instalação segura e limpa dos produtos desenvolvidos a partir da escala nano.

As descobertas na escala nano revolucionaram o mundo científico, mas o alto potencial tecnológico empregado pode trazer consigo resultados não somente positivos, mas também negativos, que serão suportados pelo ser humano e o meio ambiente. Sendo assim, deve-se conhecer as repercussões que essas pesquisas gerarão na natureza e as maneiras como elas atingirão a vida humana no planeta. Como se pode verificar, o problema não são as descobertas em si, mas os seus reflexos na vida das pessoas e na estrutura do planeta.

OS EFEITOS CAUSADOS PELOS PRODUTOS MODIFICADOS EM ESCALA NANO: A NECESSIDADE DE INFORMAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

As nanotecnologias representam uma área tecnológica em constante desenvolvimento e de aplicabilidade considerável no mercado de consumo; em razão disso, é imprescindível o conhecimento das consequências que esse ramo científico possa causar, principalmente ao meio ambiente e aos seres humanos. A problemática em relação ao uso de agrotóxicos, da responsabilidade da ciência, dos limites do progresso tecnológico e da relação entre ser humano e natureza foi apresentado ao público, de maneira expressiva, em 1962, com a publicação do livro *Primavera silenciosa*, de autoria da bióloga americana Rachel Carson (1969, p. 11), do qual segue trecho:

Houve outrora uma cidade, no coração da América, onde a vida toda parecia viver em harmonia com o ambiente circunstante. A cidade ficava em meio a uma espécie de tabuleiro de xadrez, composto de fazendas prósperas, com campos de trigo e encostas de pomares, nos quais, na primavera, nuvens brancas de flores oscilavam por cima das campinas verdejantes. No outono, os carvalhos, os bôrdos e os videiros punham um fulgor de colorido que flamejava e tremulava de través, sobre um fundo de pinheirais. Depois, as raposas uivavam nas colinas, e as renas cruzavam silenciosamente os campos, meio ocultas pelas brumas das manhãs de outono. [...] Assim as coisas tinham sido, desde os dias – ocorridos há muitos anos – quando os primeiros colonizadores ergueram suas casas, perfuraram seus poços e construíram seus celeiros. Depois, uma doença estranha das plantas se espalhou pela área toda, e tudo começou a mudar. Algum mau-olhado fora atirado àquela comunidade; enfermidades misteriosas varreram os bandos de galinhas; as vacas e os carneiros adoeciam e morriam. Por toda parte se via uma sombra de morte. Os lavradores passaram a falar de muita doença em pessoas de suas famílias. Na cidade, os médicos se tinham sentido cada vez mais intrigados por novas espécies de doenças que apareciam em seus pacientes. [...]

Havia, ali, um estranho silêncio. [...] Nenhuma obra de feitiçaria, nenhuma ação de inimigo, havia silenciado o renascer de uma nova vida naquele mundo golpeado pela morte. Fora o povo, ele próprio, que fizera aquilo. [...].

Contextualizando o tema abordado na obra de Carson, acima citada, analisa-se que a nanotecnologia, assim como a tecnologia aplicada na produção de agrotóxicos na década de 1960 e debatida no livro em questão, utiliza-se da manipulação de substâncias químicas que, alteradas em escala nano, podem modificar os processos celulares de plantas e animais, atingindo o ambiente natural e, conseqüentemente, o ser humano.

Como referido anteriormente neste artigo, as pesquisas sobre o uso de nanotecnologia em alimentos estão relativamente avançadas. Não há certeza sobre os efeitos das nanotecnologias, e esse fato tem impulsionado a elaboração de relatórios, projetos de leis, recomendações pelo mundo. Alguns países apresentam uma resistência maior à comercialização dos nanoprodutos, enquanto outros estão motivados pelos benefícios e a possibilidade de desenvolvimento que a nanotecnologia pode proporcionar (SILVA; ENGELMANN; CALAZANS, 2013).

A preocupação com a possível toxicidade das nanopartículas reside principalmente no fato de elas não terem sido produzidas e utilizadas em produtos comerciais em tão larga escala como atualmente. Logo, o risco de penetrarem nas diferentes esferas ambientais, como atmosfera, águas e solo, e se tornarem disponíveis é muito enorme. Além disso, muitos sistemas nanoparticulados em uso constante são produzidos com metais de transição, silício, carbono e óxidos metálicos, o que os torna altamente tóxicos (DREHER, 2004).

O equilíbrio ambiental e o bem-estar social são essenciais para o progresso, e mesmo considerando as necessidades da humanidade, as quais exigem que se recorra aos avanços tecnológicos, os quais, por sua vez, geram riscos, as pessoas precisam estar informadas para definirem se querem enfrentá-los. 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).

O grande potencial dessa nova tecnologia impulsiona o surgimento da chamada geração de “direitos” das nanotecnologias, que abarca diversas áreas e tecnologias que utilizam a nanoescala para produzir coisas e que estão presentes em várias cadeias produtivas. Nesse conjunto de produção, deverão se planejar respostas adequadas, pois assim serão esclarecidos alguns efeitos humanos destas invenções científicas. Como essas questões não envolvem somente aspectos jurídicos, as respostas terão que ser construídas transdisciplinarmente (ENGELMANN, 2011).

Como a gama de trabalhos na área de nanotecnologia e nanomateriais é imensurável, torna-se imperioso um levantamento sobre a segurança e a toxicidade desses produtos e procedimentos de investigação e segurança, principalmente quando da manipulação dos nanossistemas para veiculação *in vivo*. Pelo fato de a nanotecnologia incorporar-se à nossa realidade, trabalhos já vêm sendo publicados e destacando os riscos para saúde humana e ambiental advindos dessa nova tecnologia (DULLEY, 2007).

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).

Com base nos acontecimentos históricos e na tradição é que se projetam os acontecimentos do passado e que devem nortear o desenvolvimento da justificativa do conhecimento científico construído mediante a nanotecnologia. O ser humano está inserido no contexto onde as novidades em escala nano são produzidas e geram os seus efeitos, sejam positivos ou negativos, e, na seara da pesquisa sobre as investigações nanoescalares, Engelmann (2011, p.390) destaca e refere que:

[...] não será a visão tradicional da interpretação, onde se busca tirar o sentido do texto (*Auslegung*), mas a proposta da hermenêutica filosófica com base em Martin Heidegger e Hans-Georg Gadamer, onde a interpretação representa a atribuição de sentido (*Sinngebung*), especialmente no cenário dos novos direitos. Esse é o lastro para se desenvolver a reflexão ética da relação entre “homem-técnica-natureza” (VILLARROEL, 2006, p.173). Para tanto, será necessário (re) colocar a questão de um copertencimento entre homem e natureza, que possa ir além do mero controle e dominação das forças da natureza pelo homem, pois ambos “[...] podem chegar a necessitar-se mutuamente [...]”, numa espécie de “vizinhança entre homem e natureza [...]”, onde “ambos existem um em frente ao outro, que cada um concorre inevitavelmente à proximidade do outro” (VILLARROEL, 2006, p.185). Há uma relação entre o humano e o não humano (a natureza). No entanto, não de superioridade ou anterioridade, mas de reciprocidade solidária. Ambos se necessitam e, portanto, devem respeitar-se, cada um com suas características e potencialidades. O homem precisa dar-se conta, como um acontecer, que a natureza não está disponível para ser apropriada e explorada até o esgotamento. O raciocínio deverá ser modificado: a natureza existe para ser cuidada, pois é indispensável à sobrevivência humana. Aí se instala a nova responsabilidade – cuidado que o homem deverá aprender a consolidar a respeitar.

Nesse sentido, ainda citando o mesmo autor, o direito deverá agir com prudência antes de ser ciência, acompanhando a realidade social e o dinamismo da vida, de maneira que a juridicização da vida social deverá estar atenta e desperta para compreender a dinamicidade da vida social. A nanotecnologia pode transformar a facticidade e a historicidade do viver humano, pelo que é prudente revisar a estrutura das fontes do direito, proporcionando um diálogo entre elas, numa perspectiva pluralista na construção da resposta jurídica ao caso concreto (ENGELMANN, 2011).

Como fontes do direito, os princípios se destacam, pois eles permitem uma aproximação e relação entre as diversas normas jurídicas, constituindo-se basilares para uma verdadeira combinação de normas uniformes. Exatamente nesse ponto é que se invoca o princípio de precaução, para dar referência aos cuidados que se deve ter em relação aos produtos nanotecnológicos, pois é um campo em estudo e com muitas incógnitas a serem respondidas (SILVA; ENGELMANN; CALAZANS, 2013).

No que diz respeito ao princípio da precaução, deve ser valiosa a sua contribuição para que se forneça coerência às decisões jurídicas relacionadas à regulação das nanotecnologias. Sua observância nos textos legais para a construção de decisões deve ser levada em consideração como importante elemento, como embasamento

de regras que sejam evocadas para decisões relacionadas ao risco nanotecnológico. No entanto, somente invocar esse princípio para a doutrina e a jurisprudência não é suficiente, sendo importante transcender a aplicabilidade do princípio da precaução (FORNASIER, 2014).

Ademais, a população necessita não somente de decisões jurídicas coerentes, mas de disponibilização dessas deliberações, e o direito à informação permite que o público consumidor de produtos com aplicações nanotecnológicas tenha conhecimento sobre as características do produto e serviço que adquire, sendo dever do fornecedor informar ao consumidor suas características, qualidades, quantidade, composição, preço, garantia, prazos de validade e origem, entre outros dados, bem como sobre os riscos que apresentam à saúde e segurança dos consumidores – art.31 CDC (BRASIL, 1990).

Uma lei estatal dispendo acerca de condutas precavidas já vigora na Europa. Passou a vigorar na França, em 1º de janeiro de 2013, o Decreto n. 2012-232 de 17 de fevereiro de 2012 (relativo à declaração anual das substâncias no estado de nanopartículas em aplicação do artigo L523-4 do Código Ambiental daquele país) (FRANÇA, 2012), que instituiu a obrigatoriedade de que todos aqueles que utilizam/trabalham em contato com nanopartículas (a partir da utilização de 100g) deverão notificar o fato, mediante relatório, ao Ministério da Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e da Energia (NOVIDADES, 2013). Essa nova disposição é aplicável aos produtores, importadores, distribuidores, e a todos os utilizadores (mesmo os laboratórios públicos ou privados de pesquisa) de produtos/processos produtivos contendo nanopartículas. A declaração de tais informações ao governo francês, que deverá ocorrer antes de 1º de maio de cada ano (sob pena de sanções administrativas), precisará incluir a identidade das substâncias, a quantidade e os usos dessas substâncias, a identidade dos utilizadores profissionais a quem foram cedidas essas substâncias, através de pagamento ou gratuitamente, e informações sobre os perigos das substâncias e as exposições que estão propensas a ocorrer.

Há poucos instrumentos normativos em vigor, atualmente, no Brasil, que abordam, de alguma forma, as nanotecnologias (para além de algumas normas técnicas da ABNT versando sobre as medidas, o significado dos termos ligados à nanotecnologias e outras adjacências):

- a) Decreto n. 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 em Brasília, em 19 de janeiro de 2004 (o “Artigo IV” do referido pacto estabelece que uma das áreas das atividades de cooperação entre as partes seriam as micro e nanotecnologias) (BRASIL, 2007);
- b) Convenção Coletiva de Trabalho FETQUIM-CUT, modificado pelo “Termo Aditivo” de 2012/2013, cuja “Cláusula Oitava” institui:

A empresa garantirá que os membros da CIPA e do SESMT sejam informados quando da utilização de nanotecnologia no processo industrial. A CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso à informações sobre riscos existentes à sua saúde e as medidas de proteção a adotar (FEDERAÇÃO DOS TRABALHADORES DO RAMO QUÍMICOS DA CUT DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012).

- c) A Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2012), que institui o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNano), sendo a integração ao SisNano regulamentada

pela Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012, do mesmo Ministério (BRASIL, 2012).

Também se encontra, no Brasil, em tramitação, o Projeto de Lei nº 5133 de 2013 e o Projeto de Lei nº 6.741 de 2013, ambos de autoria do deputado federal Sarney Filho, do PV. A primeira proposição tem o objetivo de tornar obrigatória a rotulagem de produtos que fazem uso de nanotecnologia. A justificativa apresentada para a rotulagem é o direito de informar ao consumidor sobre possíveis riscos dos produtos "obtidos por processo nanotecnológico". O segundo 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).

Diante da revolução tecnológica provocada pela nanotecnologia, constata-se que ainda não existe um mecanismo regulador que possa responder aos anseios acerca dos riscos que advêm do avanço dessas pesquisas. Por esse motivo, as medidas de prudência fundadas no princípio da precaução devem prevalecer para garantir e preservar os direitos básicos fundamentais, como o respeito à vida e o direito a um meio ambiente digno, tendo em vista a potencialidade da produção em escala nano tornar realidade situações e riscos inimagináveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme acima discorrido, verificou-se quão importante é o estudo para fins de conhecimento acerca da nanotecnologia, e do quão extensiva pode ser a sua utilização e aplicação, nos mais diversos ramos. Observou-se, principalmente, que embora não haja esclarecimentos científicos claros a respeito dos riscos que os produtos nanotecnológicos podem causar, estes já estão à disposição para consumo, mesmo que não se saiba, explicitamente, que a manipulação em escala nano foi incorporada ao produto adquirido.

Há que se prever alternativas que promovam o uso racional na manipulação de elementos nanotecnológicos, principalmente no ramo alimentício e da agricultura, pois ainda se desconhecem os efeitos desse processo tecnológico em contato com o meio ambiente e com o ser humano. Verifica-se, ainda, a escassez de debate público em torno de questões de gestão dos riscos, consequências ambientais, desinformação sobre as consequências advindas do ramo dos nanomateriais e questões de consumo.

Além disso, a adoção de políticas públicas no Brasil referentes à aplicação da tecnologia nano em todas as áreas é de suma importância, com destaque para aquelas que envolvem diretamente a saúde humana e em evidência no presente artigo, como a de alimentos e a do meio ambiente. Embora os benefícios sejam evidentes, e esse futuro se apresente promissor, deve-se ter cautela para enfrentar os desafios das novas tecnologias, valendo-se do senso crítico para prevenir e evitar seus possíveis efeitos indesejados.

Esse amplo horizonte que se descortina não pode prescindir do conhecimento jurídico; portanto, faz-se necessária a tutela jurídica norteando a elaboração das respostas adequadas sobre as nanotecnologias, pois o que deve ser valorizado e protegido é o provável atingido pelos efeitos dessa nova ciência -- o ser humano.

REFERÊNCIAS

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

ALVES, Oswaldo Luiz. *Nanotecnologia e desenvolvimento*. Campinas: Laboratório de Química em Estado Sólido, Unicamp, 2005. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_35_1_nanotecnologia_desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 2 out. 2015.

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. Nº 1/92 a 42/2003 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, Senado Federal, 2004a.

_____. 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, 2004b.

_____. *Decreto n. 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: 5 abr. 2013.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Inovação 2011*. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acesso em 17 set. 2015.

_____. 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, 27 jun. 2012.

_____. 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, 9 abr. 2012.

CARSON, Rachel. *Primavera silenciosa*. Trad. Raul de Polillo. 2. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969.

DREHER, Kevin L. Health and environmental impact of nanotechnology: toxicological assessment of manufactured nanoparticles. *Toxicological Sciences*, v. 77, n. 1, p. 3-5, 2004. Disponível em: <<http://toxsci.oxfordjournals.org/content/77/1/3.full.pdf+html?sid=c3605c6a-aae7-4f6e-a8a1-78a7c5095765>> Acesso em: 2 mar. 2015.

DULLEY, Richard Domingues. Biossegurança: muito além da biotecnologia. *Revista de Economia Agrícola*, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 27-41, jul./dez., 2007.

DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cesar. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber, 2006.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito. *Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano*, Montevideo, v. 17, p. 383-396, 2011.

_____. Entre a *téchne* e a *physis*: criando espaços humanamente mediados para as nanotecnologias. *Pensar: revista de ciências jurídicas*, v. 14, n. 2, p. 436-451, 2010.

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

FARIA, Edinete Maria et al. *Nanotecnologia e meio ambiente: uma análise sobre os riscos e benefícios dessa tecnologia em um contexto atual*. *Revista de Biologia e Farmácia*, v. 9, n. 1, p. 18-26, 2013.

FERNANDES, Maria Fernanda Marques; FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macrodesafios). *Química Nova*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 8, p. 2.205-2.213, 2008.

FERRONATO, Rafael Luiz. *Nanotecnologia, ambiente e direito: desafios para a sociedade na direção a um marco regulatório*. Caxias do Sul, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/jspui/bitstream/11338/485/1/Dissertacao%20Rafael%20Luiz%20Ferronato.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2015.

Federação Dos Trabalhadores do Ramo Químicos 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: 2 jun. 2013.

FEYNMAN, Richard Phillips. *Plenty of room at the bottom*. 1959. Disponível em: <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>> Acesso em: 1 mar. 2015.

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

_____. Princípio da precaução e nanotecnologias: uma abordagem sistêmico-autopoiética. *Revista de Direitos Fundamentais e Democracia*, Curitiba: v. 16, n. 16, p. 95-115, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/560/401>> Acesso em: 3 mar. 2015.

FRANÇA. *Décret n° 2012-232 du 17 février 2012*. Relatif à la déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement. Disponível em: <<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025377246&categorieLien=id>>. Acesso em: 2 jun 2013.

GRUPO ETC. *Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro*. Trad. de José F. Pedrozo e Flávio Borghetti. Porto Alegre: L&PM, 2005.

LEI nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. In: FIGUEIREDO, Antonio Carlos (Org.). *Vade mecum referenciado da legislação brasileira*. São Paulo: Primeira Impressão, 2008.

MARTINS, Paulo. *Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2008.

NOVIDADES. *Regulação da nanotecnologia*. [S. l., 2012?] Disponível em: <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1630.html>. Acesso em: 2 jun. 2013. Informação postada no site LQUES News, no hiperlink Novidades.

ROUKES, Michael. Espaço suficiente lá embaixo. *Scientific American Brasil*, n. 22, p. 6-13, 2008.

Royal Society and Royal Academy of Engineering (RS & RAE). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. 2004. Disponível em: <www.nanotec.org.uk/finalReport.htm> Acesso em: 1 mar. 2015.

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz; CHAIN, Caio Peixoto. *Nanotecnologia e agricultura no Brasil: estado da arte e a arte do estado*. *Anais dos Encontros Nacionais da Anpur*, v. 13, 2013.

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/prop_mostrarintegra;jsessionid=65FE8429943DE63D12CF499AF75E14AA.proposicoesWeb2?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013> Acesso em: 3 mar. 2015.

_____. *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/prop_mostrarintegra?codteor=1177566&filename=PL+6741/2013> Acesso em: 3 mar. 2015.

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

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

SILVA, Tânia Elias Magno da; ENGELMANN, Wilson; CALAZANS, Diego Rodrigues Souto. *Dos transgênicos aos alimentos produzidos a partir das nanotecnologias: impactos sociais, ambientais e regulatórios*. Chile: Faculdade de Ciências Sociais, Universidad de Chile, 2013. Disponível em: <<http://www.actacientifica.servicioit.cl/biblioteca/gt/GT1/busca1.html>> Acesso em: 1 mar. 2015.

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

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