

Reginaldo Pereira
Silvana Winckler
Marcelo Markus Teixeira
(Orgs.)

A governança dos riscos
socioambientais da
nanotecnologia e o
marco legal de ciência,
tecnologia e inovação do
Brasil



Reginaldo Pereira
Silvana Winckler
Marcelo Markus Teixeira
(Orgs.)

**A governança dos riscos socioambientais da
nanotecnologia e o marco legal de ciência,
tecnologia e inovação do Brasil**



© Editora Karywa – 2017

São Leopoldo – RS

editorakarywa@gmail.com

<http://editorakarywa.wordpress.com>

Conselho Editorial:

Dra. Adriana Schmidt Dias (UFRGS – Brasil)

Dra. Claudete Beise Ulrich (Faculdade Unida – Brasil)

Dr. Cristóbal Gnecco (Universidad del Cauca – Colômbia)

Dr. Eduardo Santos Neumann (UFRGS – Brasil)

Dr. Ezequiel de Souza (IFAM – Brasil)

Dr. Raúl Fornet-Betancourt (Aachen – Alemanha)

Dra. Tanya Angulo Alemán (Universidad de Valencia – Espanha)

Dra. Yisel Rivero Báxter (Universidad de la Habana – Cuba)

Comissão científica:

Prof^ª Dr^ª Arlene Renk

Prof. Dr. Ernani de Paula Contipelli

Prof. Dr. Marcelo Markus Teixeira

Prof. Dr^ª Maria Aparecida Lucca Caovilla

Prof. Dr. Reginaldo Pereira

Prof^ª Dr^ª Silvana Winckler

Apoio:

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC.

** Os textos são de responsabilidade de seus autores.*

Diagramação e arte-finalização: Rogério Sávio Link

A111 A governança dos riscos socioambientais da nanotecnologia e o marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil. [e-book] / Orgs. Reginaldo Pereira, Silvana Winckler, Marcelo Markus Teixeira. São Leopoldo: Karywa, 2017.

200p.

ISBN: 978-85-68730-20-1

1. Direito; 2. Nanotecnologia; 3. Controle Social; 4. Relações Internacionais; 5. Socioambientalismo; I. Reginaldo Pereira; II. Silvana Winckler; III. Marcelo Markus Teixeira.

CDD 340

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
TECNOLOGIAS SOCIAIS: NOVAS PERSPECTIVAS PARA A ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	7
	<i>Arlene Renk Patrícia Jung</i>
A GOVERNANÇA DOS RISCOS LABORAIS DA NANOTECNOLOGIA E O MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL	26
	<i>Arlene Sydneia Abel Arcuri</i>
A LEI 13.243, DE 11 DE JANEIRO DE 2016, NOVO MARCO ILEGAL E IMORAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO.....	41
	<i>Carlos Jorge Rossetto</i>
NANOTECNOLOGIAS, AS SETE TESES SOBRE O MUNDO RURAL E OS RESULTADOS SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR BRASILEIRA.....	60
	<i>Jorge Luiz dos Santos Junior Samir Seródio Amim Rangel Wander Luiz Pereira dos Santos</i>
SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA: AVALIAÇÃO DE RISCO EM LABORATÓRIO DE PESQUISA.....	71
	<i>José Renato Alves Schmidt Denice Schulz Vicentini William Gerson Matias</i>
A GOVERNANÇA DOS RISCOS LABORAIS DA NANOTECNOLOGIA E O MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL	80
	<i>Luís Renato Balbão Andrade</i>
GOVERNANCE NANO-TECNOLÓGICA Y CIUDADANÍA EN BRASIL Y ARGENTINA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO	91
	<i>Mauricio Berger</i>
IMAGINÁRIOS SOCIOTÉCNICOS E POLÍTICA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO BRASIL: UMA LEITURA CRÍTICA DO NOVO MARCO LEGAL	112
	<i>Paulo F. C. Fonseca</i>

A GOVERNANÇA DOS RISCOS DA NANOTECNOLOGIA E O NOVO MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL SOB A ÓTICA DAS INSTITUIÇÕES REPRESENTATIVAS DOS TRABALHADORES DAS ÁREAS DE CT&I	129
	<i>Paulo Roberto Martins</i>
O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO INTEGRANTES DO SISTEMA ACAFE	140
	<i>Reginaldo Pereira Felipe Migosky</i>
APPLYING NANOTECHNOLOGY TO FERTILIZER: RATIONALES, RESEARCH, RISKS AND REGULATORY CHALLENGES.....	155
	<i>Steve Suppan</i>
NANOTECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR.....	165
	<i>Tania Elias Magno da Silva</i>
OS “COMPLIANCE PROGRAMS” COMO UMA ALTERNATIVA À GESTÃO EMPRESARIAL DOS RISCOS TRAZIDOS PELAS NANOTECNOLOGIAS	182
	<i>Wilson Engelmann Raquel Von Hohendorff</i>

APRESENTAÇÃO

Em janeiro de 2016, foi aprovado o Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil.

As alterações recentes no referido marco impõem uma série de desafios aos campos da teoria do direito, da regulamentação e da regulação para que se possa garantir uma governança adequada dos riscos da nanotecnologia em virtude das suas especificidades e das potencialidades em causar problemas às economias vulneráveis, ao mercado de trabalho, à saúde do trabalhador e do consumidor e ao equilíbrio do meio ambiente.

Tais riscos precisam ser debatidos e considerados para a construção de padrões de governança que, pautados em critérios de sustentabilidade, permitam o avanço da nanotecnologia em níveis adequados de segurança social e ambiental.

Com a finalidade de criar um ambiente propício para tal debate, entre os dias 25 e 28 de outubro de 2016, aconteceu na Universidade Comunitária da Região de Chapecó o XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (XIII SEMINANOSOMA).

O evento foi organizado pela Rede de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSOMA) em conjunto com o Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ, os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Direito e Ciências Ambientais da UNOCHAPECÓ, bem como com Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Direito da UNISINOS.

Patrocinado pela CAPES e pela FAPESC, o evento possibilitou o aprofundamento de discussões acerca da governança dos riscos socioambientais da nanotecnologia a partir das perspectivas do Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil.

O XIII SEMINANOSOMA contou com a presença de pesquisadores estrangeiros e brasileiros de diversas áreas do conhecimento que vêm se dedicando à pesquisa sobre os efeitos e riscos da nanotecnologia sobre a saúde humana e o meio ambiente e, também, sobre a conformação, os avanços e equívocos do Novo Marco de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil.

O presente livro torna público os trabalhos dos pesquisadores que participaram das oito mesas de debates e dos sete minicursos que foram oferecidos aos estudantes, integrantes de movimentos sociais, empresários, sindicalistas e demais interessados que prestigiaram as atividades do evento.

Por materializar resultados de anos de pesquisas de profissionais renomados em suas respectivas áreas, a obra constitui-se em fonte de pesquisa para os interessados em conhecer o estado da arte das preocupações das preocupações de cientistas sociais e jurídicos sobre os meios de implementar sistemas de governança e gestão de riscos da nanotecnologia. Além disso, o livro trata de visões acerca dos avanços e dos desafios que o Novo Marco Legal de CT&I apresenta na área de governança dos riscos socioambientais das novas tecnologias.

Boa leitura!

Reginaldo Pereira^{*}

Silvana Winckler^{**}

Marcelo Markus Teixeira^{***}

^{*} Doutor em Direito (UFSC). Professor do PPGD da UNOCHAPECÓ. Líder do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ. Membro da Rede de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Ambiente (RENANOSOMA).

^{**} Doutora em Direito (Universidade de Barcelona). Professora do PPGD da UNOCHAPECÓ. Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ.

^{***} Doutor em Direito (Universidade de Colônia). Coordenador e Professor do PPGD da UNOCHAPECÓ. Pesquisador do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ.

TECNOLOGIAS SOCIAIS: NOVAS PERSPECTIVAS PARA A ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Arlene Renk^{*}
Patrícia Jung^{**}

Introdução

No Brasil, é recorrente a discussão em relação à necessidade de maior integração entre empresas e a estratégia nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). É, em grande parte, com a finalidade de suprir tal deficiência que a Lei nº 13.243/2016 altera a Lei nº 10.973/2004, que dispõe sobre a inovação e a pesquisa científica e tecnológica, com a pretensão de reduzir o hiato entre produção do conhecimento (academia) e aplicação do mesmo no ambiente produtivo, através do qual o conhecimento gera riqueza, fortalecendo os laços da Tríplice Hélice.

Contudo, a Tecnologia Social (TS) objetiva percorrer o caminho contrário a essa lógica, permitindo a promoção da inclusão social e do suprimento das necessidades locais de uma determinada sociedade através de tecnologias simples, baratas, replicáveis e construídas em conjunto com os saberes populares. Trata-se especialmente de preterir o desenvolvimento econômico em defesa do desenvolvimento social.

Não obstante, merece análise essa nova perspectiva para a estratégia nacional de CT&I inaugurada a partir da TS, sendo evidente a necessidade de modelos que venham a se contrapor a Tecnologia Convencional (TC) e ao modelo tradicional de desenvolvimento econômico. Diante disso, o objetivo geral da pesquisa se constitui em compreender como a Tecnologia

^{*} Doutora em Antropologia Social (UFRJ), Professora do PPGD e do PPGCA (UNOCHAPECÓ). Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã (UNOCHAPECÓ).

^{**} Mestranda do PPGD (UNOCHAPECÓ). Bolsista FAPESC/CAPES do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã (UNOCHAPECÓ).

Social vem se inserindo na estratégia nacional de CT&I. Recorreu-se às pesquisas bibliográfica e documental, por meio das quais se realiza uma análise teórica sobre a temática, atendo-se a compreensão da TS e de suas diretrizes, para posteriormente avaliar como vindo sendo tratada no âmbito da CT&I, defendendo a necessidade de se dar um passo adiante nas discussões sobre o papel social da universidade, o tipo de desenvolvimento almejado, a adequação deste para com o cenário brasileiro, e de como as políticas de CT&I colaboram para essas questões.

Para tanto, inicialmente recorre-se a aspectos conceituais sobre Tecnologia Social; posteriormente, se analisa sua contraposição à lógica operacional da tecnologia convencional, para enfim, nas duas últimas seções buscar compreender a necessidade de inserção e estímulo da temática na agenda de pesquisa de CT&I, e como isso vem ocorrendo através do Projeto de Lei do Senado nº 111/2011; e como ela já vem sendo abordada e regulamentada, especialmente através da análise da Lei nº 10.973/04 e da estratégia nacional do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação para os anos de 2016-2019.

Tecnologia social

A Tecnologia Social possui suas raízes na Tecnologia Apropriada, também sendo nominada posteriormente de Tecnologia Alternativa, Tecnologia Suave ou ainda de tecnologia participatória, comunitária, ambientalmente saudável, com face humana, dentre outras (COSTA, 2013; DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004; RODRIGUES; BARBIERI, 2008), mas de modo geral convergindo em certas características, das quais podem ser destacadas:

(...) a participação comunitária no processo decisório de escolha tecnológica, o baixo custo dos produtos ou serviços finais e do investimento necessário para produzi-los, a pequena ou média escala, a simplicidade, os efeitos positivos que sua utilização traria para a geração de renda, saúde, emprego, produção de alimentos, nutrição, habitação, relações sociais e para o meio ambiente (com a utilização de recursos renováveis). (DAGNINO, 1976, p. 86)

No Brasil, a temática vem sendo abordada, pelo menos, desde 2001, especialmente pela criação do Instituto de Tecnologia Social e da Rede de Tecnologia Social (CORRÊA, 2010). Em função disso, dentre os conceitos cogentes de TS encontram-se aqueles apregoados por essas instituições. O Instituto de Tecnologia Social (2004, p. 130), define a TS como um

“conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida”. De modo similar, a Rede de Tecnologia Social (2016) preceitua que a TS “compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que represente efetivas soluções de transformação social”. Outra instituição importante é a Fundação Banco do Brasil (2016), que reproduz o conceito da RTS, mas acrescenta que se trata de uma proposta inovadora para o desenvolvimento, além de “aliar saber popular, organização social e conhecimento técnico-científico”.

Torna-se evidente nas conceituações que as tecnologias sociais objetivam o rompimento da posição passiva dos agentes diante dos processos de transformação, possibilitando a emancipação e o desenvolvimento de iniciativas adequadas a sua realidade e interesses, e especialmente valorizam o conhecimento popular e através dessa autonomia se tornem criadores e não apenas usuários de tecnologia (RODRIGUES; BARBIERI, 2008). Em virtude disso, é que a tecnologia social não envolve a replicação, mas a reaplicação, que se refere a um processo de adequação sociotécnica, de aproximação dos valores e necessidades dos agentes e do contexto envolvido. Portanto, em cada local a tecnologia social precisa ser reprojeta, reconstruída com aqueles que participam da sua multiplicação (COSTA, 2013; CORRÊA, 2010).

Nesse ínterim, a TS se concretiza a partir da construção de soluções para problemas cotidianos variados, promovendo por meio dessas soluções “(...) mudanças de comportamentos, atitudes e práticas que proporcionem transformações sociais”, citando como exemplos “(...) as demandas por água tratada, alimentação, educação, saúde ou renda” (RODRIGUES; BARBIERI, 2008, p. 1077).

Importa ainda evidenciar, que a TS antes do desenvolvimento econômico preocupa-se com o desenvolvimento e inclusão social, sendo voltada para a satisfação das necessidades humanas e por decorrência possuindo como atores centrais a própria sociedade, que se materializa seja através de um conjunto de pessoas de uma comunidade, ou seja, através da viabilização de pequenos produtores, consumidores, cooperativas, pequenas empresas, e da agricultura familiar (FERNANDES, MACIEL, 2010).

Esclarecidos os arcabouços teóricos e práticos pelos quais se constitui a TS, deste momento em diante as TS's passam a ser propriamente inseridas e analisadas no contexto da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Da superação da tecnologia convencional utilitária, neutra e determinista à tecnologia social

Como visto, o posicionamento crítico da Tecnologia Social sobre a neutralidade e o determinismo da ciência, é que a distingue de outras denominações. Sendo assim, essa seção contempla como essa crítica se realiza e como ela está integrada à perpetuação da Tecnologia Convencional no âmbito da CT&I. Agregada a essa ótica encontra-se uma concepção utilitarista do papel da universidade, que também representa entaves à Tecnologia Social.

As concepções tradicionais partem da premissa de que a CT&I é permeada de pretensa neutralidade e determinismo tecnológico. O primeiro se traduz na busca infundável da ciência pela eficiência e a livre busca pela verdade, independente de valores e interesses, enquanto a segunda perpetua que o desenvolvimento tecnológico sempre é positivo para a sociedade (CRUZ, 2011; DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004).

A ciência dentro desses moldes, para Dagnino (2004), se desenvolveria de forma darwinista, por procurar sempre o melhor e mais eficiente, relegando ao atraso e a obsolescência as anteriores, e aqueles que as detém. Como consequência, tal visão implica no privilégio da Tecnologia Convencional, em detrimento da TS, concebida como inferior, um atraso à ciência.

Nesse viés, a TS vem de encontro às premissas da neutralidade e do determinismo por acreditar que a ciência e tecnologia são, inevitavelmente, reflexo dos padrões sociais, políticos, econômicos e ambientais da sociedade em que são concebidos (DAGNINO, 2004). Não obstante, “a tecnologia social não corrobora a ideia de que universidades, institutos públicos de pesquisa ou organizações da sociedade civil escolham o problema a ser enfrentado e construam soluções tecnológicas de maneira isolada dos usuários-produtores” (COSTA, 2013, p. 23). Logo, compreende-se que a produção científica e tecnológica deve incorporar as demandas sociais como fonte de investigação científica, a qual por sua vez deve estar comprometida com a transformação social (LASSANCE JR.; PEDREIRA, 2004).

Aliada a essas problemáticas ainda encontra-se o fato do ambiente de CT&I no Brasil ser impregnado de uma visão utilitarista, que atribui à universidade a responsabilidade por determinados resultados nessa área, que, no entanto, não lhe são essenciais. De um lado, essa concepção utilitarista apregoa como principal função da universidade o apoio à competitividade das empresas, e de outro, propõe sua responsabilidade pela transformação social. Diante disso, para Cruz (2011, p. 11), o problema não reside nos objetivos, mas em atribuir a universidade o papel de atingi-los, quando na verdade seu papel se traduz em “educar pessoas para trabalhar com o conhecimento”.

É nesse sentido, que o referido autor acredita que enquanto a universidade é incumbida da ciência e da educação, a empresa é encarregada do desenvolvimento de tecnologia, sendo o cientista que trabalha em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nas empresas o responsável pela inovação. Portanto, seria do setor privado o papel central na inovação, assim como já acontece na experiência americana, e é a partir desta que o autor busca evidenciar que o erro brasileiro reside em supor que a universidade criará tecnologia e transferirá para a empresa.

A realidade que nos mostra o caso norte-americano (...) é muito diferente: a tecnologia é engendrada na empresa, por cientistas empregados da empresa e que trabalham em laboratórios industriais. Universidades contribuem com esse esforço, sempre fornecendo pessoal qualificado que atuará como pesquisador na empresa, e, poucas vezes, criando ideias que serão transferidas para empresas. (CRUZ, 2011, p. 14)

Como consequência enquanto nos Estados Unidos a maioria dos cientistas trabalha em empresas, no Brasil, a maioria encontra-se nas universidades. Diante disso, Cruz (2011, p. 38) acredita que as empresas deveriam assumir papel central na estratégia de CT&I propiciando a geração de riquezas e o consequente desenvolvimento econômico. Destarte, o papel da universidade seria restrito ao de formar recursos humanos para empresas e de gerar novas ideias que levariam a outras no ambiente produtivo. “E de forma complementar, institutos de pesquisa tratam de problemas específicos (espaço, saúde, agronomia, meio ambiente etc.) e tem a oportunidade de serem conectores privilegiados entre empresas e/ou governos”.

Constata-se na posição de Cruz uma clara preocupação com a Tecnologia Convencional e o desenvolvimento econômico, sem qualquer alusão ao desenvolvimento social e às Tecnologias Sociais. É no cenário

contrário ao apresentado que a Tecnologia Social (TS) emerge; contrapondo-se a essa tendência capitalista convencional de conceber a tecnologia e produzir conhecimento.

De modo transversal à concepção de Cruz (2011), Dagnino (2004) igualmente critica a produção em CT&I, por entendê-la pouca adequada à realidade periférica da condição brasileira, especialmente por se basear em um modelo ofertista-linear. De acordo com o autor, na pesquisa não há a preocupação se a sociedade será capaz de absorver e empregar o conhecimento produzido ou não, se as empresas estão demandando ou não o que é produzido. Ou seja, a oferta de CT&I é feita, se ela será ou não demandada pouco interessa, a oferta está mais preocupada em legitimar-se com seus pares no exterior do que com a sociedade brasileira.

Ao correlacionar Cruz e Dagnino, fica claro e reforçada a colocação deste último de que a universidade brasileira é disfuncional, “ela não serve nem para a classe dominante nem para a classe dominada – é uma universidade que está no limbo” (DAGNINO, 2004, p. 208), atendendo em partes a Tecnologia Convencional, e exiguamente a Tecnologia Social, mas nenhuma nas condições necessárias. Adverte-se que igualmente a crítica inicial revelada por Cruz (2011), não se objetiva agora o desenvolvimento de uma visão utilitarista da universidade na outra ponta (social) a partir da TS, ou seja, que ela se torne responsável pela transformação social, mas que ela auxilie promovendo conhecimento e experiências sociais, que possibilitem a ampliação das Tecnologias Sociais e o desenvolvimento de recursos humanos habilitados a trabalhar com essa problemática.

Denota-se, a partir das ponderações já realizadas, mas em especial a de Pinto (2012, p. 125), que as TS's pretendem “(...) atribuir dimensão humana ao desenvolvimento e, conseqüentemente, zelar pelos interesses coletivos”, enquanto as Tecnologias Convencionais são motivadas, para a diferenciação e competição no sistema capitalista, sendo um ciclo contínuo pela necessidade de criar vantagens em relação aos concorrentes. Como consequência essas tecnologias dirigem-se para a população enquanto consumidores e não como agentes sociais. Contudo, importa notar que por se tratam de modelos apresentados binariamente, em polos opostos. Servem de valor enquanto modelo. No plano da realidade fática se revelam híbridos de modo que os limites entre um e outro podem ser transpostos e haver imbricamento, evidenciando que as oposições podem ser mediadas, estabelecendo relações menos conflituosas entre os modelos.

Pela ótica abordada, o movimento da TS objetiva que o desenvolvimento social não seja uma consequência, um efeito de transbordamento *ex post* do desenvolvimento econômico, mas que se torne o objetivo precípuo e imediato. O que se pretende, sobretudo, é o transbordamento da concepção de que apenas o desenvolvimento contínuo de tecnologia possa oferecer progresso. A falácia de que a tecnologia propicia um próspero e brilhante futuro idealizado pelo determinismo, se desfaz quando a tecnologia convencional não possibilita que todos tenham acesso aos fluxos usuais de difusão, colaborando para o aumento das disparidades entre o “atrasado” e o “avançado”, entre o “primitivo” e o “moderno” (DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004).

É por estas razões e pela ciência não ser neutra que tanto Dagnino (2004) quanto Corrêa (2010), afirmam que ela vem a reafirmar as estruturas dominantes de uma sociedade, de modo que o problema da TS para a TC não residiria apenas nos meios em que é empregada, mas também em função de sua natureza, haja vista a tecnologia indiretamente colaborar para que as estruturas vigentes, os interesses de um determinado grupo social se perpetuem, inibindo mudanças que impliquem na ameaça dessa estrutura e aponte para uma vida em sociedade diferente.

Por que integrar a TS à estratégia nacional de CT&I?: colaborações do projeto de lei do senado nº 111/11

Constado o papel periférico da Tecnologia social, torna-se manifesta a demanda de integrar a TS à atual estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação, convergindo para que o conhecimento antes de ser colocado à disposição de empresas, beneficie a sociedade. Corrobora essa integração para a transposição da barreira que concebe a tecnologia apenas a serviço da competitividade nacional na oferta de bens e serviços para consumo, a fim de que também venha a contribuir para a garantia de direitos sociais (FERNANDES; MACIEL, 2010).

Reafirmando esse panorama precário da agenda de pesquisa para TS, encontra-se o relatório da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para 2016-2019 do MCTI, no qual o mesmo realiza uma avaliação dos avanços realizados na área. Dentre os segmentos citados encontram-se: clima e mudança climática, pesquisas oceânicas, área de saúde, tecnologia da informação, nanotecnologia, política espacial, recursos minerais, petróleo e gás, política energética, campo empresarial (MCTI, 2016). Ou seja, não houve espaço nos “avanços” para as tecnologias sociais,

para empreendimentos cooperativos, associações, ONG's, sendo um claro reflexo da precariedade das políticas públicas voltadas ao estímulo da TS.

Não obstante, o que se propõe é ampliação do campo da TS. Todavia, como aponta Dagnino:

Temos de gerar uma nova cultura institucional que seja favorável à TS. Uma cultura institucional que viabilize uma agenda de pesquisa e de formação de recursos humanos, coerente com a IS [Inclusão Social], a economia solidária, coerente com a TS, alargando seu nicho, no interior do conjunto de projetos que diferentes atores sociais impulsionam de forma aderente à TC. (DAGNINO, 2004, p. 206)

Pondera Andrade (2004, p. 103), que o movimento atual que apregoa a concentração de CT&I apenas em corporações e no governo, deve ser superado e transposto para os grupos sociais, a fim de que sejam criadas as condições necessárias "(...) para o estabelecimento de ambientes plurais e eficientes".

Ainda que seja consenso que o desenvolvimento científico e tecnológico seja a via mais propícia a desencadear o desenvolvimento social, Picabea e Garrigo (2015, p. 66) alertam que essa proposta de relação virtuosa acaba não se concretizando, especialmente por ela não se atentar em como promover a difusão, possibilitar o aprendizado e o acesso da população que irá lidar com essas inovações. Como consequência, restam limitadas as possibilidades de solução de problemas sociais e ambientais crônicos. Por isso da importância das Tecnologias Sociais como intermediadoras e viabilizadoras daquela relação.

Nos pormenores, mas não menos importante, através da implantação de uma estratégia nacional de TS integrada a CT&I, poderia ser viabilizado o processo de reconhecimento, estudo e proteção de patentes comunitárias, gerando uma base de dados de referência, em que problemas semelhantes podem ser solucionados pelas mesmas Tecnologias Sociais presentes em outras localidades; além de promover o resguardo de um patrimônio cultural imaterial, o conhecimento popular (RUTKOWSKI; LIANZA, 2004).

Nesse sentido, ainda se elucida que a elitização do conhecimento em universidades inibe que sejam reconhecidos como válidos os saberes populares, por isso, a participação dos usuários e beneficiários de tecnologias é restringido no desenvolvimento de tecnologias. Essa visão implica que os problemas a serem resolvidos sejam apenas uma tarefa de

cientistas ou técnicos (PICABEA; GARRIDO, 2015). Portanto, a TS rompe com esse fenômeno elitista e inclui a sociedade como um sujeito determinante no processo de construção da tecnologia, fazendo repensar os processos tecnológicos e as políticas públicas, bem como, colaborando para redução da alienação e concentração econômica.

No âmbito dos empreendimentos, especialmente os solidários, a universidade pode vir a colaborar ao dispor de soluções, métodos, técnicas e instrumentos para a gestão, eficiência e sustentabilidade desses empreendimentos. “Trata-se de tentar incorporar à academia tecnológica um pouco desse mundo que, apesar de não movimentar milhões de dólares, pode ser responsável pela sobrevivência de milhões de pessoas. Isso, por si só, parece motivo suficiente para ingressar nessa experiência” (RUTKOWSKI; LIANZA, 2004, p. 184).

Tal a importância da TS no âmbito da CT&I que a integração de ambas, se constitui em uma demanda da Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI). Fato que estimulou em 2011, a elaboração do Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 111/11, de iniciativa do senador Rodrigo Rollemberg, a fim de instituir a Política Nacional de Tecnologia Social. O mesmo, após emendas, foi aprovado, sendo em 2015 encaminhado para Câmara dos Deputados para revisão, casa na qual passou a ser denominado de PL 3.329/2015, e ainda se encontra em votação (BRASIL, 2011).

Como justificativa para o projeto se ressaltou a colaboração da TS para a melhoria da qualidade de vida da população, oferecendo respostas concretas as suas demandas, além de colaborar para a valorização do saber popular, especialmente de culturas tradicionais marginalizadas (BRASIL, 2011). O referido projeto de lei também inova, remando contra a maré, ao reconhecer o processo de promoção de desenvolvimento social, produtivo e econômico através da aplicação e disseminação da TS, ao invés de única e exclusivamente da TC.

No PLS 111/11, destaca-se que, por se tratar de uma espécie de tecnologia voltada para uma parcela da população excluída, há dificuldade em “estimular a oferta de soluções mercadológicas de ciência e tecnologia”, ou seja, pela falta de poder econômico suas necessidades não repercutem na Tecnologia Convencional e em suas estratégias. Como consequência, ainda que existam instituições atuando na contramão da TC e em favor da TS, como se destaca no PL 111/11, “essas entidades não foram legalmente reconhecidas como parte do sistema de ciência e tecnologia do País e,

portanto, não gozam dos benefícios e incentivos das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação” (BRASIL, 2011, p. 5).

Embora seja significativa a iniciativa, em consonância com as observações do senador Walter Pinheiro em seu Parecer nº 825, o PLS 111/11 constitui-se em uma norma programática, não implicando na atribuição de competências a qualquer órgão ou entidades. Neste projeto são apenas fixadas diretrizes e princípios, que de acordo com o referido Senador, se revelaram de elevado grau de abstração.

Enfim, cabe lembrar, que um marco legal da TS se revela de tamanha complexidade em função da necessidade de incorporação de forma ativa dos agentes no processo, haja vista que simplesmente disponibilizar um banco de dados, dos quais poucos terão disponibilidade de acesso qualificado, seria de pouca serventia, não oportunizando o processo de aprendizagem. Na melhor das hipóteses seriam apenas usuários da TS, “e não agentes ativos num processo de construção sociogênica que tivesse como resultado um artefato tecnológico que garantisse o atendimento de suas necessidades e expectativas” (DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004, p. 58).

Importante ressaltar que pela simplicidade envolta na TS, o status de tecnologia não lhe é facilmente reconhecido, conseqüentemente são vistas mais como boas práticas do que como políticas necessárias (LASSANCE JR.; PEDREIRA, 2004), o que explica, em grande parte, a dificuldade em inseri-la na estratégia nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Igualmente alerta Corrêa (2010), podendo inclusive ser caracteriza apenas com um viés assistencialista, de caráter paliativo em detrimento de políticas que eliminem a vulnerabilidade.

As tecnologias sociais na estratégia nacional e no novo marco regulatório de ciência, tecnologia e inovação: problemas decorrentes e avanços emergentes

Andrade (2004, p. 89) esclarece que desde os meados dos anos 90, vem ocorrendo um investimento crescente em inovação no Brasil, no entanto, a temática tem se restringido a preocupações de ordem econômica.

É nessa seara nebulosa que se encontra o principal marco regulatório da CT&I, a Lei da Inovação nº 10.973 de 2004, restando evidente que a estratégia nacional de CT&I dedica-se especialmente a tecnologia

convencional. No ano de 2016 foi aprovado o novo marco legal da Inovação, promovendo-se através da Lei nº 13.243 importantes alterações que, sobretudo, direcionam-se a promoção de maiores relações integrativas entre a Tríplice Hélice, reduzindo obstáculos e agregando maior flexibilidade, e como observa Rauen (2016), conferindo grande peso aos mecanismos de incentivo para integração entre Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) com as empresas. Há também as inovações trazidas pela Emenda Constitucional nº 85, que institui o Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação, que ainda deve ser regulamentado.

Confirmando essas impressões, o próprio MCTI (2016, p. 48) expõe que “esse novo marco legal prevê a diminuição dos entraves burocráticos e mais liberdade para a pesquisa científica, por meio da simplificação de processos diversos e do incentivo à integração de empresas privadas ao sistema público de pesquisa”. O órgão ainda aponta como desafio “a maior conversão de ‘ciência e tecnologia’ em ‘produtos, processos e serviços’”. Reafirmando o panorama de privilégios às organizações privadas em detrimento de empreendimentos solidários, bem como do terceiro setor e da própria sociedade, e em consequência, das tecnologias sociais em favor de projetos com caráter mercadológico.

Alerta-se, que assim como já ocorre nos Estados Unidos, conforme explica Gould (2012), os conhecimentos que passarão a estar disponíveis irão refletir apenas os interesses de instituições privadas, o que inevitavelmente, implica na incompatibilidade de interesses entre o estoque de conhecimento e aquele conhecimento que seria necessário ser desenvolvido para uma sociedade melhor, mais sustentável. O autor ainda faz a ressalva, que através de políticas como estas, as universidades direcionam-se cada vez mais para a ciência de produção ao invés da ciência de impacto. Logo, as pesquisas são julgadas mais por seu mérito profissional do que social, se atendem ou não aos interesses privados e do Estado.

A ampliação dessa integração ICT e empresa torna-se bastante clara através da análise de quatro artigos da Lei. 10.973/04: a) no art. 4º, que aborda o compartilhamento de recursos humanos, materiais e espaço físico; b) no art. 8º, que trata da prestação de serviços técnicos especializados por parte das ICT's; c) no art. 9º, que regulamenta os acordos de parceria a serem firmados entre ICT e outras instituições públicas ou privadas; e, d) no art. 14-A, que permite ao pesquisador público exercer atividade remunerada de pesquisa em empresas.

Sobre tal tema, Pinto (2012, p. 107) colabora com interesses questionamentos acerca dos dilemas de um professor-pesquisador quando se vê ampliada a interação do ambiente acadêmico com as empresas, assim como ocorre na Lei da Inovação:

Deve manter a independência dos seus temas de pesquisa em relação aos interesses econômicos do mercado ou está desenvolvendo uma atividade socialmente descomprometida ao manter-se alijado dos problemas das atividades econômicas do meio onde vive? Como grande parte dos recursos que utiliza em suas pesquisas é público, é correto focalizar seus esforços nas necessidades de uma empresa específica? É ético montar uma agenda de pesquisas voltada para o desenvolvimento de uma empresa ou setor visando à obtenção de financiamentos adicionais, inclusive complementação salarial na forma de bolsas? Haverá redução de esforços em relação ao aumento de conhecimento pela humanidade (pesquisa básica) caso se consolide a prática de interação universidade-empresa? (PINTO, 2012, p. 107)

É diante de questionamentos como estes que se coloca em debate se a pesquisa acadêmica não ficaria em segundo plano, notadamente aquela voltada para a inclusão social, em detrimento de auferir prestígio e lucro, favorecendo desproporcionalmente pesquisas voltadas para atender aos requisitos de competitividade empresarial. Questiona-se ainda, como ocorrerá o processo de escolha de projetos de uma ou outra empresa e como garantir equitativamente acesso às cooperativas, ONG's e associações em relação às empresas? Mais uma vez, remetendo-se à Gold (2012), os primeiros, que se responsabilizam, sobretudo, pela ciência de impacto através da TS, serão subfinanciados e por consequência também carecerão de legitimidade social.

Interessante também observar que o art. 15-A ao definir as diretrizes e objetivos aos quais se sujeitam as ICT's públicas, não se refere à previsão de nenhum elemento para promoção da inclusão e transformação social, apenas de elementos competitivos para a economia nacional. Igualmente ocorre com o art. 1º, parágrafo único, no qual se encontram os princípios aos quais os incentivos à CT&I devem observar, restando claramente privilegiadas as empresas e a competitividade.

Também se coloca em debate o patenteamento das produções conjuntas entre empresa e academia. Considerando que através do novo marco legal da Inovação, se passa a atender a interesses, sobretudo, particulares, como a limitação da concorrência acaba colaborando para

que o acesso da sociedade seja restringido. Como destaca Kretschmann (2016, p. 75) as mais recentes inovações vão sendo bloqueadas “em nome da manutenção daquela industrialização, até que se torne suficientemente obsoleta e então se passa à produção de algo que dê maior retorno comercial”.

Finalmente, embora a referida lei tenha perpetuado o modelo utilitarista e a ampliação do discurso pró-inovação que vem procurar coligar as demandas das empresas privadas (COSTA, 2013), a TS foi incorporada ao texto legal, ainda que de modo marginal, através de sua consagração como diretriz no inciso VI do art. 27¹. Outro elemento elucidativo da despreocupação com a temática reside no fato das alterações realizadas pela Lei nº 13.243/16 não relegarem atenção às cooperativas, associações, ONG's, pequenos produtores e pequenos empreendimentos.

Alia-se a esse panorama de favorecimento e de esquecimento, o fato do MCTI (2016, p. 52) assumir que “uma das tendências recentes mais fortes nas políticas de CT&I é a do avanço aos incentivos para a comercialização da pesquisa pública, o que inclui, entre outros, a transferência de conhecimento”, tendência para a qual as recentes alterações legais claramente colaboram.

Tal cenário é ainda reforçado em função do MCTI (2016, p. 64) declarar como um de seus desafios, o de promover o sucesso empresarial através da capacidade de “converter ideias em valor”, haja vista que em um cenário de competitividade crescente, “(...) inovações tecnológicas acrescentam valor aos produtos e ganhos em processos produtivos”. Desafio que seria justificado pela essencialidade de se planejar uma cultura inovadora em países preocupados com “(...) a ampliação de seus mercados, a geração de empregos qualificados, o aumento da renda dos trabalhadores e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos”, assim como o Brasil.

Nesse sentido, embora o MCTI situe as Tecnologias Sociais como um tema estratégico, acabam sendo inseridas de modo que se perpetue um modelo no qual o desenvolvimento social se torna uma externalidade do desenvolvimento econômico, sem criar condições de que o primeiro se

¹ Art. 27. Na aplicação do disposto nesta Lei, serão observadas as seguintes diretrizes: VI – promover o desenvolvimento e a difusão de tecnologias sociais e o fortalecimento da extensão tecnológica para a inclusão produtiva e social (BRASIL, 2004).

estruture por outras vias, sem avançar nas discussões sobre a ampliação de instrumentos, financiamento e instituições.

Além disso, ainda que o MCTI reconheça as tecnologias sociais como um desafio a ser incorporado na estratégia nacional de CT&I, a fim de que as mesmas colaborem para a inclusão socioprodutiva e na redução das assimetrias regionais; bem como, destaque o papel da educação tecnológica para a difusão de CT&I, pouco tem colaborado em oferecer e favorecer outras alternativas de promoção. Também se pode constatar que a proposta de inclusão social do MCTI (2016) apenas tangencia com a Tecnologia Social, uma vez que o órgão parte do pressuposto que a partir da disseminação das Tecnologias Convencionais é que se contribui para a redução das desigualdades, para a inclusão social e inserção ocupacional.

Dentre os caminhos a serem ainda percorridos, Costa (2013) aponta como necessário a sensibilização de gestores públicos e pesquisadores para a temática da TS, sendo a ampliação e democratização no acesso aos recursos de CT&I para as TS's, um dos pontos cruciais para o avanço dessa coalizão. Como explica o autor, os debates emergentes a partir da TS vêm questionando o padrão de investimentos da CT&I, uma vez que a problemática da inclusão social vem sendo trabalhada de forma periférica, colocando em xeque a agenda de pesquisa brasileira. Questiona ainda a elitização do conhecimento, haja vista que a TS propõe que diferentes atores sociais (cidadãos, associações, empreendimentos de economia solidária, ONG's, movimentos sociais etc.) podem desenvolver, apropriar-se e adequar tecnologias em proveito da coletividade em que estão inseridas.

Aliado a isso, o aludido autor ressalta o imperativo de instigar o interesse de pesquisadores e acadêmicos, o que poderia ser viabilizado por uma agenda mais explícita para Tecnologias Sociais em órgãos públicos como o CNPq, especialmente através de editais específicos com a ampliação dos recursos ou através da própria Lei da Inovação.

Corrêa (2010), também sinaliza a necessidade de integração entre sociedade, professores, pesquisadores e alunos, haja vista ser comum a dissociação entre os conhecimentos produzidos na universidade e sua circulação fora do âmbito acadêmico, dificultando, inclusive, que a própria sociedade conheça as possibilidades de inter-relação para a solução de problemas locais. Relação esta, que se mostra necessária em virtude da TS vir a estimular as universidades e instituições de pesquisa a coligar às suas atividades a dimensão social, promovendo uma formação que transcende a

técnica, e também se revela cidadã e compromissada com a sociedade (MCTI; CGEE, 2010).

Em conformidade com os apontamentos realizados sobre as problemáticas decorrentes da Lei da Inovação, da estratégia nacional de CT&I, e dos desafios para a TS emergentes desse paradigma, conforme apontado pelo MCTI e pelo CGEE (2010), é latente a criação de um fundo para as tecnologias sociais; uma legislação de regulamentação da produção, uso e disseminação de TS; apoio a valorização e ampliação das atividades de extensão universitária; promoção de incubadoras sociais; e de estender os benefícios das empresas já presentes na Lei da Inovação para os empreendimentos de economia solidária. Ademais, caberia ainda a exigência de uma contrapartida de responsabilidade social das empresas beneficiadas pela Lei da Inovação, a fim de que contribuam com as necessidades coletivas e para o desenvolvimento sustentável.

Em análise derradeira, cabe lembrar Barbosa (2016) e Rauer (2016). Ambos observam que nessa conjuntura, a legislação brasileira sobre a temática de CT&I, ainda que se concentre na promoção do âmbito produtivo, continua a sinalizar um movimento contrário ao ideal, o qual se relacionaria a promoção da difusão em maior proporção que a criação, por consequência propagando o movimento ofertista-linear, em que as linhas de pesquisa são dissociadas tanto do setor produtivo como do âmbito social. Não obstante, a pesquisa nacional permanece incapaz de prover os “os inputs necessários para a produção de novas tecnologias e serviços que dinamizem a economia nacional” (RAUER, 2016, p. 22). Sob este viés, que na concepção de Barbosa (2016), a inclusão do termo Inovação à Ciência e Tecnologia nos diversos dispositivos legais, dentre eles a EC nº 85 e a Lei nº 13.243/16, mostra mais uma sensibilidade aos modismos do que necessariamente atenção às políticas públicas.

Conclusão

Considerando o objetivo geral de compreender como a Tecnologia Social vem se inserindo na estratégia nacional de CT&I, denota-se uma abordagem ainda incipiente e problemática da temática. Incipiente em função de ainda não terem sido estabelecidas políticas claras nem estímulos à produção, pela falta de instituições de apoio, desenvolvimento, produção e uso de Tecnologias Sociais, bem como pelo sub-financiamento dessas tecnologias. Problemática, por ter sido evidenciado sua oposição à TC e suas premissas de desenvolvimento, que em parte, explicam sua

relegação em segundo plano e o tratamento legislativo superficial. Ademais, considera-se ainda, que mais uma vez procura-se uma adequação em políticas públicas que pouco correspondem às necessidades nacionais, regionais e locais; são políticas forjadas por interesses particulares e que visam a compatibilização e reconhecimento externo.

Sob a luz de diferentes perspectivas, foi possível evidenciar as consequências do modelo baseado em TC, em desenvolvimento econômico e da ótica ofertista-linear para a atual estratégia nacional de CT&I, especialmente pelas recentes alterações legislativas que vem a favorecer a Tríplice Hélice, com maior integração entre academia e empresas. Para tanto, foram apontadas as principais incoerências tanto da Lei nº 10.973/04, quanto do próprio projeto de lei que estabelece a Política Nacional de Tecnologia Social nº 111/11, bem como da estratégia nacional de CT&I para 2016-2019.

Tais elementos se coadunaram na exposição restando evidente a necessidade de desvencilhar a estratégia nacional de CT&I única e exclusivamente em TC, que apregoa um modelo de ciência de produção, para que se passe a incorporar a ciência de impacto através da TS, a fim de que empreendimentos e comunidades possam desenvolver a capacidade de se articular no alcance de suas necessidades individuais e coletivas, de modo rápido, fácil e barato. Também é manifesto que as mudanças para ampliação do papel da TS em CT&I, necessariamente se iniciam com maior integração com o espaço acadêmico.

Portanto, o presente artigo inaugura análises importantes sobre e para a CT&I, especialmente em relação a legislação vigente e as ainda vindouras, sendo patente que ações nesse sentido sejam eficientes e conciliatórias das demandas do ambiente, da sociedade e da economia, possibilitando uma atuação cidadã, sistêmica e sinérgica do governo, empresas, universidades e sociedade. Como sugestão, estudos futuros, podem incorporar um comparativo entre uma prática de TS com uma prática de TC. Também podem ser incorporadas análises de viés constitucional através da EC nº 85.

Para concluir, alerta-se, que apresentar a TS como única adequada e clara o suficiente para oferecer respostas à problemática da atual estratégia nacional de CT&I, seria no mínimo irresponsável. No entanto, é um novo panorama que se abre, no qual outros podem ser integrados para que se construa uma estratégia adequada ao contexto, interesses e necessidades brasileiras.

Referências

ANDRADE, Thales de. Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. VII , n. 1, p. 89-106, jan-jun, 2004. Semestral. Acesso em: 23 maio 2016.

BARBOSA, Denis Borges. Direito ao desenvolvimento, inovação e a apropriação das tecnologias. In: KRETSCHMANN, Ângela; SILVA, Ricardo Muniz Muccillo da (Orgs.). *Propriedade Industrial, Inovação e Sustentabilidade*. Florianópolis: Conceito Editorial, 2016. Disponível em: <<http://www.cesuca.edu.br>>. Acesso 13 jun 2016.

CORRÊA, Raquel Folmer. *Tecnologia e sociedade: análise de tecnologias sociais no Brasil contemporâneo*. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Pós Graduação em Sociologia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

COSTA, Adriano Borges (Org.) *Tecnologia Social e Políticas Públicas*. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>> Acesso em: 13 jun 2016.

CRUZ, Carlos Henrique Brito. Recursos humanos para a ciência e tecnologia no Brasil. In: SENNES, Ricardo Ubiraci; BRITTO FILHO, Antonio (Orgs.). *Inovações tecnológicas no Brasil: desempenho, políticas, potencial*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011. Disponível em: <<http://www.interfarma.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

DAGNINO, Renato. A tecnologia social e seus desafios. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FBB, 2004. p. 15-64. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

DAGNINO, Renato; BRANDÃO, Flávio Cruvinel; NOVAES, Henrique Taha. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FBB, 2004. p.187-210. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

FERNANDES, Rosa Maria Castilhos; MACIEL, Ana Lúcia Suárez (Org). *Tecnologias sociais: experiências e contribuições para o desenvolvimento social e sustentável*. In: KRETSCHMANN, Ângela; SILVA, Ricardo Muniz Muccillo da (Orgs.). *Propriedade Industrial, Inovação e Sustentabilidade*.

Florianópolis: Conceito Editorial, 2016. Disponível em: <<http://www.cesuca.edu.br>>. Acesso 13 jun 2016.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. *O que é Tecnologia Social*. Disponível em: <<http://fbb.org.br>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

GOULD, Kenneth Alan. *Unsustainable Science in the Treadmill of Production: The Declining Salience of Impact Science in Environmental Conflicts*. American Sociological Association. Colorado, August, 2012. Disponível em: <<http://rampages.us>>. Acesso em 20 jun 2016.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FBB, 2004. p. 117-134. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

KRETSCHMANN, Ângela. Políticas de inovação: estratégias de crescimento e sustentabilidade. In: KRETSCHMANN, Ângela; SILVA, Ricardo Muniz Muccillo da (Orgs.). *Propriedade Industrial, Inovação e Sustentabilidade*. Florianópolis: Conceito Editorial, 2016. Disponível em: <<http://www.cesuca.edu.br>>. Acesso 13 jun 2016.

LASSANCE JR., Antonio E.; PEDREIRA, Juçara Santiago. Tecnologias sociais e políticas públicas. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FBB, 2004.p. 65-82. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. Disponível em: <<http://www.abc.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Estratégia Nacional De Ciência, Tecnologia E Inovação 2016-2019*. Brasília: MCTI, 2016. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br>>. Acesso em 13 jun. 2016.

PICABEA, Fernando; GARRIDO, Santiago. Universidad y Sociedad: Del modelo lineal a la innovación para el desarrollo inclusivo y sustentable. In MAURO, Sebastián; VALLE, Damián Del; MONTERO, Federico. *Universidad pública y desarrollo: innovación, inclusión y democratización del conocimiento*. Buenos Aires: IEC – CONADU; Ciudad Autónoma de

Buenos Aires: CLACSO, 2015. Disponível em: <<http://www.clacso.org.ar>>. Acesso em: 23 maio 2016.

PINTO, Miriam de Magdala. *Tecnologia e inovação*. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2012. Disponível em: <<http://www.labtar.net.br>>. Acesso 13 jun 2016.

RAUEN, Cristiane Vianna. O novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-empresa?. *Radar*, n. 43, fev. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br>>. Acesso em 20 jun 2016.

REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL. *Tecnologia Social*. Disponível em: <<http://rts.ibict.br>>. Acesso em: 20 jun 2016.

RODRIGUES, Ivete; BARBIERI, José Carlos. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. *Administração Pública*, Rio de Janeiro, v.42, n.6, p. 1069-1094, nov-dez, 2008. Quadrimestral. Acesso em 25 maio 2016.

RUTKOWSKI, Jacqueline; LIANZA, Sidney. Sustentabilidade de empreendimentos solidários: que papel espera-se da tecnologia. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FBB, 2004.p. 167-186. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

A GOVERNANÇA DOS RISCOS LABORAIS DA NANOTECNOLOGIA E O MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL

Arline Sydneia Abel Arcuri^{*}

Introdução

O presente artigo trata das correlações entre a governança dos riscos laborais da nanotecnologia e o novo marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

Partindo do conceito de governança, o artigo problematiza acerca dos desafios que a introdução da nanotecnologia representa para a manutenção de um meio ambiente laboral que não exponha o trabalhador a riscos residuais.

Mesmo que se compartilhe da ideia que, a partir da consolidação de modelos de sociedades que, ao se valerem de novas formas de energia e da manipulação da matéria em níveis de ultrapassam a acuidade humana, introduziram o risco como um novo elemento social, há que se ponderar acerca da aceitabilidade de tais riscos, principalmente quando o que está em “risco” são direitos fundamentais ligados à saúde e segurança daqueles que, por “ofício”, têm que se submeter a fatores que podem debilitar a saúde humana.

Nesse sentido, os instrumentos de gestão e governança dos riscos laborais, podem apresentar avanços na garantia de um meio ambiente de trabalho salubre em casos como o da nanotecnologia.

Por outro lado, os processos de inovação tecnológica acabam inserindo no ambiente laboral novos materiais e tecnologias cujos níveis de toxicidade não são devidamente conhecidos.

^{*} Doutora em Química (USP). Pesquisadora titular III da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO). Membro da RENANOSOMA.

Nesse caso, importa atualizar continuamente o estado da arte sobre os riscos de novas tecnologias e matérias e, principalmente, sobre a governança de seus riscos.

É disso que o presente trabalho se ocupa.

Conceito de governança

A relação sugerida no título deste trabalho necessita de um conceito de governança que se aplique à proposta.

Um dos significados de Governança, segundo o dicionário Dicio, é: “Tendência ou capacidade de ter o poder sobre alguma coisa”.

Segundo Araújo (2010) o Banco Mundial: “(...) aponta oito principais características da ‘boa governança’ para assegurar um desenvolvimento sustentável: 1) Participação; 2) Estado de direito; 3) Transparência; 4) Responsabilidade; 5) Orientação por consenso; 6) Equidade e inclusividade; 7) Efetividade e eficiência; 8) Prestação de contas”.

Para que se possa tratar da governança dos riscos laborais, é necessário, antes de tudo, conceituá-los.

Riscos laborais

Frequentemente ocorre confusão entre os conceitos de risco e fator ou situação de risco (hazard).

Risco é um conceito relacionado com a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de algum dano, e sua magnitude está também relacionada com gravidade do dano, podendo este ser definido pela seguinte equação: $\text{risco} = \text{probabilidade de ocorrência de um dano} \times \text{gravidade do dano}$.

Fator ou situação de risco (perigo) pode ser definido como: uma condição, agente ou conjunto de circunstâncias que tem o potencial de causar um efeito adverso. Está, portanto, relacionado com a gravidade do dano.

Assim, risco é um conceito formal e não observável, enquanto que fator de risco ou situação de risco são conceitos concretos e, portanto, observáveis.

Fatores de risco em nanotecnologia

Há várias definições de nanotecnologia. Destaca-se aqui a definição (tradução livre) estabelecida pelo Grupo Técnico da ISO 229 (ISO/TC 229 NANOTECHNOLOGIES):

O conceito de nanotecnologia inclui um ou ambos do que segue: i) compreensão e controle da matéria e processos em nanoescala, normalmente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes do tamanho geralmente permite novas aplicações e; ii) utilização das propriedades dos materiais em escala nano que diferem das propriedades de átomos individuais, moléculas e da matéria em escala maior, para criar os melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram essas novas propriedades.

Através das nanotecnologias podem ser produzidos diferentes nanomateriais. Em especial as nanopartículas, que podem entrar de alguma forma em contato com os trabalhadores, usuários ou meio ambiente. Estes são os principais fatores relacionados aos possíveis danos à saúde.

Reduzir o tamanho dos materiais até a nanoescala pode ocasionar mudanças significativas em suas propriedades.

Devido ao tamanho reduzido, as nanopartículas têm uma grande relação superfície/volume que é um dos fatores responsáveis por novas propriedades físicas e químicas.

A diminuição do tamanho faz com que aumente a área superficial das partículas.

A área superficial é importante porque muitas reações químicas envolvendo sólidos acontecem na superfície, onde as ligações químicas são incompletas.

Isto provoca um grande aumento da energia superficial e, em consequência, da reatividade das partículas, o que, por exemplo, provoca um aumento na atividade catalítica de alguns materiais.

Outra razão para as substâncias mudarem de comportamento é o fato de que, na medida em que a matéria é reduzida à escala nanométrica, as suas propriedades começam a ser dominadas por efeitos quânticos. Assim, as leis que regem o comportamento delas nesta escala não são as mesmas da escala maior.

Além do tamanho, há vários outros aspectos que são importantes para a determinação das propriedades dos materiais em escala nano, especialmente com relação às nanopartículas:

- i) Tamanho e distribuição de tamanho;
- ii) Forma;
- iii) Estado de aglomeração;
- iv) Biopersistência, durabilidade e solubilidade (em água e em gordura);
- v) Área superficial;
- vi) Porosidade (pós porosos possuem área superficial muito maior do que os não porosos);
- vii) Química da superfície, incluindo sua: composição, energia superficial, molhabilidade, carga, reatividade, espécies adsorvidas, contaminação. Possível modificação na cobertura da partícula também é citada por alguns autores;
- viii) Contaminantes ou traços de impurezas;
- ix) Composição química, incluindo dispersão da composição;
- x) Propriedades físicas: tais como densidade, condutividade. Alguns artigos incluem: dureza, deformabilidade;
- xi) Estrutura cristalina.

Desta forma, mesmo sem alteração da substância química, apenas com a redução de tamanho, verifica-se que os nanomateriais apresentam novas propriedades e características. Uma preocupação com o possível risco especialmente para os trabalhadores é que se eles conhecem as características das substâncias em tamanho maior isto não lhes fornece informações compreensíveis sobre propriedades do mesmo material no nível nano.

Um material que poderia ser considerado “seguro” para ser manuseado em tamanho maior, pode facilmente penetrar na pele na forma de nanopartícula ou se tornar um aerossol e entrar no organismo via respiratória.

Há até um novo ramo na toxicologia, a nanotoxicologia, que é o estudo da toxicidade das nanopartículas que aparentam ter alguns efeitos

tóxicos não usuais e diferentes das partículas da mesma substância, mas de tamanho maior.

Nos ambientes de trabalho, as principais vias de penetração de substâncias químicas no organismo, e também as nanopartículas, são: inalação, pele e ingestão.

Com relação às nanopartículas há algumas particularidades:

i) Na inalação, elas podem se depositar em todo o sistema respiratório. Podem escapar de mecanismos de defesa específicos. Podem se translocar (deslocar) do pulmão para o sistema circulatório, ou ainda se translocar pelo nervo olfativo e trigêmeo.

ii) Pela pele, elas podem passar através das células do extrato córneo, e também por entre as células do extrato córneo especialmente quando ocorre movimentação dos pulsos. Podem, ainda, penetrar através do folículo do cabelo, glândulas de suor, ou através da pele inflamada ou ferida.

iii) Em relação à ingestão, esta não deve ser uma via usual. No trabalho os trabalhadores não devem, em princípio, ingerir o material. Esta via em geral só ocorre em casos de ingestão acidental.

Embora já haja vários artigos sobre nanotoxicologia de algumas nanopartículas, ainda há muito a ser estudado. Mas já há vários artigos que indicam a necessidade de precaução ao se trabalhar com estas matérias, nesta escala.

Oberdörster et al. (2004) citam trabalhos publicados em 1941, por Bodian & Howe, indicando que o vírus da poliomielite, que é um organismo na escala nanométrica, assim como todos os vírus, penetram no sistema nervoso central através do nervo olfativo e dos bulbos olfativos.

Segundo Luther e Zweck (2013), como as nanopartículas são da mesma escala de tamanho dos componentes celulares típicos e das proteínas, tais partículas são suspeitas de escapar das defesas naturais do organismo humano e podem levar a danos celulares permanentes.

Estudos epidemiológicos mostram uma correlação significativa entre a mortalidade, devido a doenças cardiorrespiratórias, e a concentração de partículas de dimensões nanométricas presentes em situações de poluição do ar (STONE, 2016; BUZEA et al.; 2007).

Desde 2013, a IARC (International Agency for Research on Cancer) considera a poluição do ar reconhecidamente cancerígena para seres humanos (IARC 2013). Esta agência da Organização Mundial da Saúde atribui esta ação cancerígena principalmente às partículas e as chamadas partículas ultrafinas, que são particulados na escala nanométrica formados não intencionalmente, pela atividade humana.

Para alguns tipos de nanopartículas intencionalmente produzidas pelas chamadas nanotecnologias, já há também estudos toxicológicos que alertam sobre a necessidade de precaução no manuseio destes materiais.

Há, porém, outros tipos de riscos que podem afetar a saúde dos trabalhadores, além daqueles que podem ser ocasionados pela toxicidade dos nanomateriais. Incluem-se aí:

- i) A maior possibilidade de vigilância nas ações dos trabalhadores;
- ii) A crescente informatização dos controles operacionais que afasta o trabalhador da atividade concreta;
- iv) A facilidade de que parte de alguns trabalhos seja executada em qualquer lugar, não se restringido mais às jornadas e aos locais típicos de trabalho;
- v) A eliminação de algumas profissões, muitas delas substituídas por robôs;
- vi) Novos produtos, como celulares que possuem inúmeras funções.

A maior possibilidade de vigilância nas ações dos trabalhadores pode provocar uma tensão constante. Devido à fiscalização pessoal certas empresas estimulam inclusive que cada trabalhador fiscalize seus colegas para saber se estão usando luvas, botas, capacetes, etc., e estes relatos devem ser levados para as chefias. Esta ação tem impacto direto nas relações interpessoais, diminui a colaboração, a solidariedade entre colegas de trabalho.

A crescente informatização dos controles operacionais que afasta o trabalhador da atividade concreta dá ao trabalho quase uma dimensão imaterial. Mas ao mesmo tempo este trabalho abstrato exige maior trabalho intelectual.

A facilidade de que parte de alguns trabalhos seja executada em qualquer lugar, não se restringido mais às jornadas de trabalho, faz com

que os trabalhadores trabalhem fora de seus expedientes. Podem ser solicitados inclusive nos finais de semana e nas férias.

Estes fatores geram sobrecarga de trabalho, esgotamento físico e mental dos trabalhadores.

A eliminação de algumas profissões, muitas delas substituídas por robôs, pode levar a uma precarização do trabalho destes profissionais que perdem suas especializações. Se não forem requalificados podem se sujeitar a outras ocupações bem menos remuneradas.

Novos produtos, como celulares que possuem inúmeras funções – um aparelho celular atual pode ser, ao mesmo tempo, máquina fotográfica, filmadora; agenda; televisão, dar acesso à internet, relógio, etc. – possibilitam a realização de várias tarefas por uma pessoa, somente. Vários outros equipamentos com multifunções também estão sendo produzidos graças a estas novas tecnologias. Esta é uma situação que leva risco a saúde dos trabalhadores cujas fábricas são fechadas como consequência desta situação.

Como visto acima, a probabilidade de ocorrência de um dano também está relacionada com a possibilidade de exposição.

Os fatores que afetam a exposição aos nanomateriais engenheirados incluem a quantidade de material sendo utilizado, o tempo do trabalho exposto e se o material pode ser ou não facilmente disperso (no caso de um pó) ou formar borrifos ou gotículas transportadas no ar (no caso de suspensões).

São várias as situações que podem ocasionar a exposição dos trabalhadores:

i) Aumento da chance de aerossóis se dispersarem no ambiente pela geração de nanopartículas na fase gasosa, em sistemas não enclausurados. O manuseio de pós nanoestruturados (com a finalidade de pesar, misturar, borrifar) pode resultar em formação de aerossóis.

ii) Aumento da probabilidade de exposição pela pele pelo trabalho com materiais em meio líquido sem proteção adequada (por exemplo: luvas);

iii) Aumento da probabilidade da formação de gotas inaláveis ou respiráveis na atmosfera pelo manuseio de materiais líquidos durante operações de mistura ou transferência ou onde estiver envolvido um alto

grau de agitação (inclusive limpeza de Equipamentos de Proteção Individual – EPI);

iv) Aumento da probabilidade de exposição pela pele ou inalação pela limpeza de sistemas de coleta usados para captura de nanopartículas;

v) Aumento da probabilidade de formação de aerossóis pelo trabalho com máquinas, jateamento com areia, perfuração ou outros procedimentos que levam à quebra de materiais contendo nanopartículas.

Considerando-se estas questões e outras sequer apontadas, não é possível ainda avaliar todos os impactos destas nanotecnologias no mundo do trabalho.

O contrato de trabalho “zero hora”, por exemplo, só é possível pela existência de mecanismos rápidos de contato entre empresa e trabalhador via celular. Prevê que o funcionário fique à disposição do contratante, esperando ser convocado para dar expediente, mas receba o pagamento somente pelas horas efetivamente trabalhadas. Isso significa que não há remuneração pelo descanso nem pelo tempo em que o trabalhador fica disponível. A legislação brasileira não autorizava este tipo de contrato.

Questões éticas

Há ainda várias questões éticas também envolvidas quando se procura avaliar os riscos das nanotecnologias no mundo do trabalho.

Uma das primeiras é se as informações estão disponíveis para os trabalhadores? Eles são informados sobre as características dos novos materiais que começam a utilizar? São alertados sobre os possíveis novos riscos?

Com o avanço das nanotecnologias aliadas às biotecnologias será cada vez mais fácil analisar o perfil genético de uma pessoa. Assim, levantamento genético de um trabalhador pode ser utilizado para propósitos discriminatórios por empregadores. Deve haver balanço entre a prevenção de doenças ocupacionais e a necessidade de preservar a liberdade individual e evitar a discriminação no emprego sob bases genéticas.

Os fatores de risco mencionados acima, relacionados com o aumento da vigilância facilitada pelos equipamentos cada vez menores e mais sensíveis devido aos nanochips e novas matérias de construção, também têm implicações éticas. Esta ação tem impacto direto nas relações

interpessoais, diminui a colaboração, a solidariedade entre colegas de trabalho. Isto contribui com o crescente aumento de doenças mentais no trabalho, já constatado em inúmeras pesquisas.

Novas ocupações

Em 2010, o grupo Fast Future preparou um relatório, encomendado no âmbito da campanha “Science: So what? So everything” financiada pelo Departamento de Negócios, Inovação e Habilidades do Reino Unido, com o objetivo de promover o interesse público na ciência e engenharia e destacar a sua importância para o futuro daquela região. Neste relatório foram destacados exemplos de tipos de empregos, carreiras e profissões que poderiam resultar de avanços na ciência e tecnologia no período de 2010 a 2030 (TALWAR; HANCOCK, 2010).

Para chegar a este relatório foi feita uma pesquisa que contou com 486 respostas de 58 países em 6 continentes. Chegou-se a mais de cem (100) profissões que poderão surgir nestes 20 anos aos quais o relatório está focado.

Os autores do relatório destacam 20 profissões que lhes pareceram mais representativas da amplitude, âmbito e impacto dos postos de trabalho que seriam criados ou tornar-se-iam mais proeminentes no futuro. São elas:

i) Fabricantes de partes do corpo: A criação de partes do corpo será uma necessidade em função dos avanços que estão sendo feitos em biotecnologias, robótica e plásticos. Isto demandará fabricantes de partes do corpo, assim como lojas de parte do corpo e lojas de reparação parte do corpo.

ii) Nanomédico: Novos dispositivos, inserções e procedimentos na escala nano estão transformando a saúde. Serão necessários especialistas em nanomedicina para administrar estes tratamentos.

iii) “Pharmer” de plantas e animais geneticamente modificados: Pharmer seria a próxima geração de fazendeiros que irá criar plantas e animais que foram geneticamente modificados para produção de alimentos com propriedades terapêuticas, produtos farmacêuticos e produtos químicos. Seria um tipo de profissional ao mesmo tempo fazendeiro e farmacêutico.

iv) Consultores para o bem-estar na velhice: Estes profissionais irão ajudar a gerenciar as várias necessidades de saúde e pessoais das pessoas mais velhas, através de diversas soluções médicas, farmacêuticas, próteses, psiquiátricas e que possibilitem boa condição física.

v) Cirurgião do aumento de memória: Pessoas que foram sobrecarregadas com muitas informações durante a vida poderão contar com nova categoria de cirurgiões cujo papel é adicionar memória extra para aumentar a sua capacidade de memória.

vi) Especialista em assuntos éticos científicos: Com o avanço crescente de novos campos científicos como a clonagem, a proteômica e a nanotecnologia, já está sendo necessário um novo conceito de ética. Esses especialistas em ética da ciência precisarão entender de campos inúmeros científicos subjacentes e ajudar a sociedade a fazer escolhas consistentes sobre o que os desenvolvimentos permitem. Deverão poder responder se devemos ou não desenvolver certos produtos, mesmo podendo produzi-los.

vii) Pilotos, arquitetos e guias turísticos espaciais: Serão necessários pilotos treinados no espaço e guias turísticos, além de arquitetos para permitir a habitação do espaço e dos planetas.

viii) Fazendeiros verticais: Estes fazendeiros serão responsáveis por fazendas verticais construídas na cidade, com alimentos alimentados de forma hidropônica, com iluminação artificial. Com esta proposta é esperado um aumento na produtividade agrícola e redução na degradação ambiental.

ix) Especialista em reversão das mudanças climáticas: Estes especialistas serão uma nova geração de cientistas-engenheiros que deverão ajudar a reduzir ou reverter os efeitos das mudanças climáticas.

x) Reforçadores de quarentena: Estes profissionais seriam requisitados no caso de um vírus mortal começar a se espalhar rapidamente. Seriam os responsáveis pelo cumprimento do período imposto de quarentena, mantendo as pessoas dentro ou fora de locais específicos.

xi) Polícia de alteração climática: Já acontece em algumas partes do mundo a sementeira de nuvens para provocar chuva. Esta atividade pode alterar padrões climáticos a milhares de quilômetros de distância. A polícia de alteração climática terá de monitorar e controlar quem está autorizado a realizar atividades com este impacto, como, por exemplo, disparar

foguetes contendo iodeto de prata para o ar como uma forma de estimular a precipitação de nuvens.

xii) Advogado virtual: Especialista em resolver disputas legais envolvendo pessoas de diferentes regiões que tiverem dados pessoais disponibilizados na internet.

xiii) Controlador de avatar e professor virtual: Avatares poderiam ser usados para apoiar ou mesmo substituir professores na sala de aula elementar. O controlador teria como função garantir que o Avatar e o aluno estejam devidamente entrosados.

xiv) Desenvolvedor de veículos alternativos: Inventores e construtores de novas gerações de veículos de transporte utilizando materiais e combustíveis alternativos.

xv) “Narrowcasters”: Especialistas que trabalham com provedores de conteúdo e anunciantes para criar conteúdo adaptado às necessidades individuais. Esta atividade, que deve ser humana, é contrapartida às soluções de personalização do mercado de massa que podem ser automatizadas.

xvi) Destruidor de dados pessoais: Especialistas fornecerão serviço seguro de eliminação de dados para governos, corporações e aqueles que não querem ser rastreados, eletronicamente ou de outra forma.

xvii) Organizador de vidas eletrônicas: Especialistas ajudarão a organizar o armazenamento ordenado dos dados, a gestão dos IDs eletrônicos e a racionalização de aplicações.

xviii) Corretor de tempo / comerciantes de bancos de tempo: Os Bancos de Tempo são trocas comunitárias que permitem que os indivíduos ganhem créditos de tempo para executar serviços para a comunidade e gastem esses créditos na compra de serviços de outros membros da comunidade.

xix) Trabalhador em função das redes sociais: Trabalhadores que exercem trabalho social para aqueles de algum modo ficaram traumatizados ou marginalizados por redes sociais.

xx) “Personal Branders” desenvolvedores de marcas pessoais (tradução livre): Profissionais que desempenhariam papel de estilistas, publicistas e treinadores executivos para desenvolver uma “marca” pessoal usando meios sociais e outros.

Portilho (2013; 2017) em seu artigo para a Revista Galileu, destaca ainda mais algumas profissões para o futuro, baseada no relatório de Talwar e Hancock (2010):

i) Perito Forense Digital: O perito busca evidências digitais diante das acusações de ataques a servidores e contas bancárias, roubo de dados, pedofilia e outros crimes na rede. Os peritos também se ocupam de encontrar provas para crimes off-line.

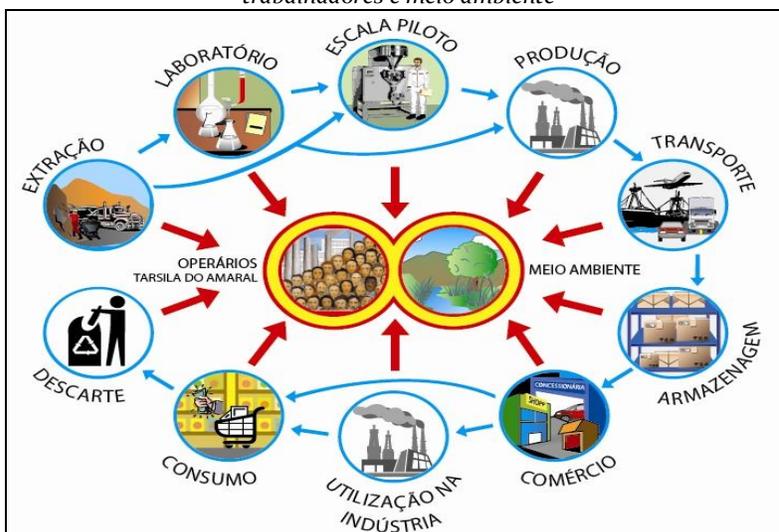
ii) Engenheiro de Simulação: Profissional responsável por coordenar testes virtuais para avaliar, antes que sejam colocados em prática, os riscos e benefícios de um projeto em um ambiente virtual.

iii) Bioinformacionista: Profissionais que trabalhando com volumes crescentes de informação genética, análise de dados e extração de padrões-chave e conhecimentos poderiam ajudar no tratamento de condições médicas e doenças.

Ciclo de vida

Os impactos que estas novas tecnologias podem provocar devem ser avaliados durante todo o ciclo de vida dos produtos, como representado na figura 1.

Figura 1. Representação do ciclo de vida dos nanoproductos se sua influência nos trabalhadores e meio ambiente



Destaca-se com preocupação informações fornecidas por Abranches (2010) obtidas a partir do relatório “Faced with a gun, what can you do? War and the militarisation of mining in eastern Congo” (“Diante de um revólver, fazer o quê? Guerra e a militarização da mineração no leste do Congo”) publicado em 2009 pela ONG Global Witness.

Segundo o autor, a alta tecnologia está ligada à guerra e à barbárie não apenas por meio da indústria de armas. Computadores, celulares e outros equipamentos eletrônicos podem ser parte de uma trágica conexão entre tecnologias avançadas e o sofrimento humano, o trabalho escravo e guerras intermináveis. (ABRANCHES, 2010).

Ele nos conta sobre os “minerais da guerra” ou “minerais de sangue”, que são amplamente usados na indústria eletrônica. Matérias primas na cadeia de suprimentos dessas indústrias de alta tecnologia podem ser provenientes de várias partes das províncias de Kivu, onde grupos armados e o próprio exército congolês controlam o comércio de cassiterita (minério de estanho), ouro, columbita-tantalita, volframita (tungstênio) e outros minerais. O relatório documenta uma história bilionária de brutalidade, tirania e corrupção (ABRANCHES, 2010).

Estas informações indicam que desde a extração de matérias primas para produção dos “fantásticos” equipamentos frutos destas novas tecnologias, podem estar ocorrendo impactos muito negativos para os trabalhadores e a população em geral.

Governança dos riscos laborais frente ao marco legal de ciência, tecnologia e inovação

Segundo Araújo (2010) o Banco Mundial considera que governança implica em: Participação; Estado de direito; Transparência; Responsabilidade; Orientação por consenso; Equidade e inclusividade; Efetividade e eficiência e Prestação de contas.

A questão que originou este trabalho é: Qual a nossa capacidade de Governança dos Riscos Laborais da Nanotecnologia frente ao Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil?

Analisando este marco legal não foi encontrada nenhuma proposta que contemple as características da “boa governança” para assegurar um desenvolvimento sustentável, preconizadas pelo Banco Mundial.

O Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil é todo voltado ao estímulo para a pesquisa e produção de produtos novos. Não traz nenhuma contribuição a governança dos riscos laborais.

A Governança dos riscos laborais devido às nanotecnologias ainda tem que ser baseada apenas em normas regulamentadores do Ministério do Trabalho, normas de vigilância à saúde do Ministério da Saúde, que não são nanoespecíficas!

Conclusão

No Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil há um olhar apenas na questão da produção de novos conhecimentos que deem origem a novos produtos.

Especialmente os trabalhadores, que são os primeiros a terem contato com estes novos materiais, não são sequer citados ou chamados a participar da discussão.

Eles têm o DIREITO DE SABER que estão trabalhando com estas novas tecnologias e os cuidados adicionais que devem existir para que não venham a se adoentar ou sofrer um acidente.

Referências

ABRANCHES, S. Minerais de sangue em nossos computadores e celulares? *Ecopolítica*, 2010. Disponível em: <<http://www.ecopolitica.com.br>>. Acesso em 17/01/2017.

ARAÚJO, A. N. S. M. *Articulação entre o Conceito de Governança e as Funções de Planejamento e Controle na Gestão de Políticas Públicas*. III CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA – BRASÍLIA/DF. 2010. Disponível em: <<http://consad.org.br>>. Acesso em 22/12/2106.

BBC Brasil Notícias. *Estudo mapeia mais de cem profissões do futuro*. 28 de abril, 2010. Disponível em: <<http://www.bbc.com>>. Acesso em 13/01/2017.

BUZEA, C., BLANDINO, I. I. P., ROBBIE, K.. *Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity*. Biointerphases vol. 2, issue 4 (2007). Disponível em: <<http://medicinaycomplejidad.org>>. Acesso em 22/12/2106.

Dicio – *Dicionário online de português*. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/governanca>>. Acesso em 22/12/2106.

IARC – International Agency for Research on Cancer. *Air pollution and cancer*. IARC Scientific Publication no. 161. Disponível em: <<https://www.iarc.fr>>. Acesso em 23/12/2106.

ISO/TC 229 NANOTECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em 22/12/2106.

LUTHER, W., ZWECK, A. *Safety Aspects of Engineered Nanomaterials*. CRC Press, p. 158, 2013

OBERDÖRSTER, G. et al. Translocation of Inhaled Ultrafine Particles to the Brain. *Inhalation Toxicology*, 16:437-445, 2004. Disponível em: <<ftp://ftp.cdc.gov>>. Acesso em 22/12/2106.

PORTILHO, G. *Saiba quais são as profissões do futuro*. Methodus. [2017?]. Disponível em: <<http://www.methodus.com.br>>. Acesso em 17/01/2017.

PORTILHO, G. Saiba quais são as profissões do futuro. *Revista Galileu*, Editora Globo. 2013. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com>>. Acesso em 17/01/2017.

STONE, V. et al. *Nanomaterials vs Ambient Ultrafine Particles: an Opportunity to Exchange Toxicology Knowledge*. Environ Health Perspect. Nov 4, 2016. Disponível em: <<http://ehp.niehs.nih.gov>>. Acesso em 22/12/2106.

TALWAR, R.; HANCOCK, T. *The shape of jobs to come – Possible New Careers Emerging from Advances in Science and Technology (2010 – 2030)*. Final Report. Fast Future Research. Fast Future Accelerating innovation, 2010. 149p. Disponível em: <<http://fastfuture.com>>. Acesso em 13/01/2017.

A LEI 13.243, DE 11 DE JANEIRO DE 2016, NOVO MARCO ILEGAL E IMORAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Carlos Jorge Rossetto *

Introdução

A Lei 13.243, de 11 de janeiro de 2016 trata da apropriação privada do conhecimento produzido pelo Estado. Neste trabalho será feito um relato histórico dos acontecimentos que culminaram nessa lei.

A apropriação do conhecimento tem um marco histórico na Convenção de Paris de 20 de março de 1883, que instituiu o sistema patentário internacional, da qual o Brasil participou, mesmo sem ter, na época, nenhuma universidade, enquanto os Estados Unidos já tinham em funcionamento 177 universidades, muitas centenárias, conforme o quadro 1.

Quadro 1. Dez universidades mais antigas do Brasil e dos Estados Unidos e idade em 20 de março de 1883, data da Convenção de Paris, que deu origem ao primeiro acordo patentário¹

Estados Unidos			Brasil		
Universidade	Ano de fundação	Anos de existência em 1863	Universidade	Ano de fundação	Anos de existência em 1863
Harvard	1636	247	Universidade do Paraná	1913	0
Yale	1701	182	Universidade Federal do Rio de Janeiro	1920	0
Pennsylvania	1740	143	Universidade de Minas Gerais	1927	0
Princeton	1746	137	USP	1934	0

* Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Pesquisador científico aposentado. Membro do conselho da APqC e do Movimento pela Ciência e Tecnologia Pública, MCTP.

¹ As universidades brasileiras estão com o nome da sua fundação.

Columbia	1754	129	PUCR Rio	1940	0
Brown	1764	119	PUCR Campinas	1941	0
Rutgers	1766	117	Universidade Rural do Brasil	1943	0
Carolina do Norte	1789	94	Universidade do Recife	1946	0
Georgetown	1789	94	PUC São Paulo	1946	0
Tennessee	1794	89	Universidade da Bahia	1946	0
Universidade	Ano de fundação	Anos de existência em 1863	Universidade	Ano de fundação	Anos de existência em 1863

Fonte: World of Learning e MEC <<http://portal.mec.gov.br>>.

Em artigo anterior afirmei que a justiça é fundamentada na igualdade entre as partes tratantes, simbolizada pela balança, pela igualdade entre os dois pratos e um acordo entre partes desiguais, pode ser legal, mas não é justo (ROSSETTO, 1993).

Está claro que o Direito internacional é absolutamente positivista, sem embasamento na justiça. É a Lei como resultado de uma correlação de forças, feita pelo mais forte para impor seus interesses.

O Governo da ditadura militar excluiu o Brasil do sistema patentário nas áreas de medicamentos, alimentos e produtos químicos em 1971 (Art. 9º da Lei 5772 de 21 de dezembro de 1971). Foi também excluída a patente de microorganismo. O Brasil ficou 25 anos fora do acordo patentário nessas áreas, durante 4 governos, Médici, Geisel, Figueiredo e Sarney, só voltando a patentear esses produtos e também microorganismos em 1996 (Lei 9729, de 14 de maio de 1996).

Durante esse período foi organizada na UNICAMP a CODETEC, Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (LEITE, 2008) que passou a fazer engenharia reversa de medicamentos para serem produzidos por empresas nacionais, com financiamento público, para serem comprados pela CEME, Central de Medicamentos. Se essa política nacionalista tivesse continuado por mais cinco anos, teria capacitado o Brasil na fabricação dos 350 fármacos considerados nessa época essenciais para a saúde (informação pessoal do Dr. José Carlos Gerez, vice-presidente da CODETEC).

No Governo Collor, o Ministério da Saúde cancelou esses financiamentos (LEITE, 2008) e no Governo Fernando Henrique a

CODETEC foi vendida e a CEME foi extinta. Essa política nacionalista dos militares contrariou frontalmente os interesses das grandes corporações fabricantes de medicamentos e agroquímicos e isso favoreceu a queda da ditadura. O regime militar foi instalado com apoio americano como uma reação a um governo brasileiro nacionalista e foi derrubado, em parte, pelo mesmo motivo, ter-se mostrado nacionalista. O governo militar brasileiro foi encerrado em 1985 e em setembro de 1986 foi iniciada a Rodada Uruguai do GATT, encerrada em Marraqueche em 12 de abril de 1994. O resultado dessa Rodada foi a proibição planetária da mencionada política nacionalista do governo militar brasileiro. Não é mais permitido a qualquer país excluir áreas do acordo patentário além das mencionadas no próprio acordo e foi implantada a patente de microorganismo, o que permitiu o domínio da agricultura. Também foi estabelecida a obrigação para todos os países aprovarem uma Lei de Proteção de Cultivar, o que havia sido barrado pelo regime militar. A seguir o Art. 27, 3, b da parte TRIPS (Trade Related Intellectual Property Rights) da Rodada Uruguai do GATT.

Plantas e animais, exceto microorganismos e processos essencialmente biológicos para a produção de plantas ou animais, excetuando-se os processos não-biológicos e microbiológicos. Não obstante, os Membros concederão proteção a variedades vegetais.

Esse artigo especifica o que pode deixar de ser patenteado, iniciando por plantas e animais. A exceção é o que deve ser patenteado, microorganismos e processos não-biológicos e microbiológicos, utilizados para obtenção de transgênicos.

Esse artigo é um estelionato típico, é um crime que denomino de estelionato jurídico, estelionato da própria Lei, porque inicia declarando que plantas e animais estão excluídos da patente, sendo o verdadeiro objetivo do artigo patentear plantas e animais. Uma fraude criminosa para aprovar essa regra internacional, conferir vantagem aos detentores da tecnologia dos transgênicos (grandes corporações multinacionais) e prejudicar os países menos desenvolvidos, dominando totalmente seu mercado sementeiro e indiretamente sua agricultura. Era importante na época utilizar esse ardil para conseguir patentear plantas e animais, por que havia uma resistência grande à ideia de patentear seres vivos, por que a patente impede a reprodução do ser vivo patenteado. Uma parte dessa resistência vem da religião. Uma ideia comum das religiões é “ide e procriar”, ou seja, não impedir a reprodução. O Governo Collor logo no seu início, em 8 de maio de 1991, encaminhou para a Câmara Federal um Projeto de Lei de Patentes, incorporando no projeto as propostas do GATT,

portanto três anos antes da sua aprovação final em Marraqueche em 1994. O Governo Collor aderiu às propostas do GATT e colaborou para que elas fossem aprovadas. A mesma fraude acima citada para patentear seres vivos foi incorporada ao Projeto. A fraude foi tão eficiente que o Ministério da Agricultura brasileiro, um dos mais afetados pela Lei, não figurou entre os proponentes do Projeto e não é signatário da Lei, por que se acreditava que plantas e animais não seriam objeto de patente.

Advogados especialistas em patente afirmavam que plantas e animais não podiam ser patenteados. A seguir é transcrita a explicação da fraude desse artigo extraída do trabalho de Hathaway (1996) sobre esse mecanismo de patenteamento virtual.

Ao contrário do que acreditava a maioria dos Deputados e Senadores – a nova Lei só impede o patenteamento direto de plantas e animais como tais, mas deixa proposadamente abertas duas portas para o exercício indireto das patentes sobre esses organismos superiores. Em primeiro lugar, a patente sobre um processo biotecnológico para criação de uma planta ou animal transgênico dá os mesmos direitos sobre a planta ou animal obtido que sobre o processo patentado em si (Artigo 42, inciso II). Por outro lado, não há limitação (ou “exaustão”) alguma sobre a patente de genes de bactérias transgênicas quando estes são transferidos por técnicas de engenharia genética para dentro do genoma de uma planta ou de um animal, fazendo com que a reprodução de plantas ou animais transgênicos implique também na reprodução (ilegal) de um gene, patentado. Desta maneira, as plantas e os animais “não patenteáveis” pelo artigo 18 poderão ser “virtualmente” monopolizados por pelo menos duas patentes bem reais: a patente do processo biotecnológico para sua criação e a do microorganismo transgênico usado como vetor neste processo. A Lei de Proteção de Cultivares, Lei 9456 de 25 de abril de 1997, foi proposta ao Congresso em 1995, como consequência da exigência expressa da Rodada Uruguai do Gatt finalizada em 1994, conforme acima mencionado. Estava feito o arcabouço jurídico necessário para o domínio da agricultura, através do domínio de todo mercado sementeiro brasileiro.

Outro acontecimento histórico ocorrido na década de 90 e nocivo aos interesses nacionais foi a revogação do Artigo 171 da Constituição Federal, feita logo no início do Governo Fernando Henrique Cardoso pela Emenda Constitucional nº 6.

Art. 171. São consideradas: I – empresa brasileira a constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no País; II –

empresa brasileira de capital nacional aquela cujo controle efetivo esteja em caráter permanente sob a titularidade direta ou indireta de pessoas físicas domiciliadas e residentes no País ou de entidades de direito público interno, entendendo-se por controle efetivo da empresa a titularidade da maioria de seu capital votante e o exercício, de fato e de direito, do poder decisório para gerir suas atividades. (Constituição Federal de 1988)

A promulgação das leis de patente (1996), de proteção de cultivar (1997) e a revogação do Artigo 171 da Constituição Federal (1995), estimulou empresas sementeiras de capital estrangeiro comprarem empresas nacionais, provocou uma concentração nas empresas produtoras de sementes com oligopolização do mercado, conforme relatado por Antoniali (2012).

Em 1997, havia 22 empresas de pesquisa de milho, entre privadas e públicas sendo 5 multinacionais, 3 públicas e 14 privadas. Havia mais de 30 empresas licenciadas pela EMBRAPA, IAC ou privadas. Somente da UNIMILHO, licenciadas pela EMBRAPA, eram 28. As empresas nacionais mais antigas foram praticamente todas compradas por grupos multinacionais e sobraram apenas duas com programas com mais de 15 anos, Semealis e Biomatrix/Santa Helena. A advertência de Antoniali é contundente: se não tomadas providências as empresas nacionais de sementes de milho desaparecerão. Apenas 4 grupos concentram perto de 90% do mercado de sementes de milho. O mercado sementeiro brasileiro que era de livre concorrência transformou-se em um oligopólio. Aumentou então a pressão para eliminar o único concorrente potencial desse mercado oligopolizado dominado por multinacionais: o Governo. Digo que aumentou porque a pressão para eliminar a concorrência do Estado já existia, é antiga.

Quando estava em programa de pós-doutorado na Universidade Estadual de Iowa, em Ames, em 1981, fui convidado para almoçar com um diretor internacional de uma grande empresa sementeira americana. O objetivo dele era me convencer de que o Estado não deve produzir sementes, porque isso baixa seus preços e os baixos preços das sementes no mercado brasileiro estava inviabilizando a empresa dele se estabelecer no Brasil. De fato, após a oligopolização do mercado os preços das sementes de milho explodiram, sendo inclusive vendidas não mais por peso como antigamente, mas por número de sementes. Duas tendências passaram então a acontecer para eliminar a competição do Estado, a

privatização das instituições estatais de pesquisa (ROSSETTO, 2007) e o desmonte dessas instituições (ROSSETTO, 2016).

Vou tratar do desmonte e em seguida da privatização. Ingressei no Instituto Agronômico de Campinas em 1961, com 22 anos e aposentei em 2009, faltando três dias para os 70 anos, devido à compulsória. Na década de 60, a Seção de Virologia do Instituto Agronômico de Campinas tinha 9 pesquisadores. Particpei em 1967 do Primeiro Congresso Brasileiro de Fitopatologia, realizado no auditório do pavilhão de Horticultura da ESALQ, em Piracicaba. Nesse Congresso de fitopatologistas de todo o Brasil, a equipe da Seção de Virologia do Instituto Agronômico, apresentou cerca da metade de todos os trabalhos científicos. Hoje essa equipe tem apenas dois pesquisadores, já com tempo para se aposentarem. Na década de 60 o programa de melhoramento de arroz do IAC era forte. Havia dois programas de melhoramento de arroz, um da Seção de Cereais e outro da Seção de Genética, trabalhando no Centro Experimental de Campinas, com forte apoio de estações experimentais com destaque para Mococa, Pindamonhangaba, Pindorama e Votuporanga.

Na década de 90, esse programa estava unido e fortalecido, contava com três melhoristas de arroz com título de PhD obtido em universidades americanas na área de melhoramento vegetal e continuava com o apoio das mencionadas estações experimentais. Hoje o IAC não tem nenhum melhorista de arroz com doutorado em melhoramento vegetal e as estações experimentais que apoiavam o programa foram retiradas do comando do IAC com a criação da APTA em 2001. Na década de 90, a equipe de pesquisadores da Seção de Algodão tinha 8 pesquisadores, sem contar outros três que trabalhavam com algodão na Seção de Tecnologia de Fibras. Desses 8 pesquisadores da década de 90, resta hoje na equipe de algodão apenas 1, já com tempo para se aposentar e mais um da então equipe de tecnologia de fibras. A forte equipe de melhoramento de algodão do IAC foi desmontada. Estes fatos é que denomino de desmonte do Instituto Agronômico de Campinas. O Instituto era como um continente, ativo. Hoje, se assemelha a um arquipélago, com algumas unidades ainda ativas, como os centros de café e de citrus. Para um pesquisador aposentado, que trabalhou no IAC na década de 60, é muito triste caminhar hoje no Centro Experimental do Instituto Agronômico de Campinas e ver as estufas abandonadas da antiga unidade de Virologia e outras estufas e ripados, antigamente ativos. Isso não é conhecido do público. Outra vertente na eliminação da concorrência do Estado, que vou tratar agora, é a privatização das instituições estatais de ciência e

tecnologia brasileiras, conforme foi explicado em artigo anterior (ROSSETTO, 2007).

A lei de patente retira o chamado Direito do Melhorista, ou seja, o direito de utilizar a planta patenteada em cruzamentos com outras variedades para obtenção de uma nova variedade superior (Artigo 43, Inciso V, da Lei 9.279). O Direito do Melhorista é previsto no Artigo 10 Inciso III da Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997). A partir da Lei de Patentes ficou, portanto, todo o sistema de pesquisa agropecuária do Brasil, na dependência de autorização das grandes empresas agroquímicas sementeiras, detentoras do direito de patentes sobre alguns genes, para poder inseri-los e utilizá-los nas cultivares brasileiras. Outrossim, essas corporações não ganham dinheiro com os genes em si. Elas têm interesse que seus genes sejam inseridos no maior número de cultivares ao redor do planeta, o que representa fonte de faturamento com a venda das sementes. As corporações multinacionais não vão constituir para isso instituições de pesquisa próprias em cada região ao redor do planeta para essa tarefa. É interessante que as Instituições de Pesquisa e Universidades locais o façam em parceria com elas. Esta situação cria um novo cenário que força a privatização das Instituições Públicas de Pesquisa Agropecuária no Brasil e certamente em todo o planeta. De fato, as propostas de privatização começam então a surgir no cenário brasileiro. A primeira proposta de privatização é feita com a Medida Provisória nº 1.591.1 de 06 de novembro de 1997 depois transformada na Lei Federal nº 9.637, de 15 de maio de 1998 que instituiu as Organizações Sociais. Embora se postule que essa é uma medida de publicização e não de privatização, de fato o Artigo 10 da Lei 9.637 explicita que Organizações Sociais são pessoas jurídicas de direito privado.

Transformar, portanto, pessoas jurídicas de direito público em pessoas jurídicas de direito privado denominadas Organizações Sociais é de fato uma forma de privatização. Em março de 1997 foi feita a primeira proposta de privatização do Instituto Agrônomo de Campinas com transformação em Organização Social, feita por um grupo coordenado pelo professor Sérgio Salles Filho da UNICAMP (Salles Filho et al. 1997). Outra iniciativa para privatizar todo o sistema de pesquisa agropecuária brasileira foi feita pelo Deputado Federal Abelardo Lupion, da bancada ruralista, através do Projeto de Lei no 2.950-A de 1997 apresentado à Câmara dos Deputados. O projeto no seu Artigo 10 propôs a inclusão dos Institutos de Pesquisa no Artigo 16 do Código Civil (Lei no 3.071, de 10 de janeiro de 1916) entre as pessoas jurídicas de direito privado já existentes no Brasil.

Para privatizar também a EMBRAPA o artigo 14 do projeto autorizava a transformação da EMBRAPA em Instituto de Pesquisa.

O Governo Fernando Henrique criou no segundo semestre de 1996 o Forum Nacional de Agricultura que elaborou um projeto chamado “As dez bandeiras do agronegócio” (RODRIGUES, 2001). Ele foi entregue ao Governo no dia 2 de setembro de 1998 e deu apoio ao PL nº 2950 de 1997, ou seja, deu apoio à privatização das instituições de pesquisa brasileiras. Outra tentativa de privatização, específica para a EMBRAPA, foi feita pelo Senador Delcídio Amaral em 2008, através do PL 222/08 que propôs a transformação da EMBRAPA em empresa de economia mista, o que possibilitaria a grandes empresas agroquímicas comprarem ações na bolsa de valores e participarem do seu conselho deliberativo.

Essa pressão para privatização da pesquisa pública por parte do agronegócio somou-se ao interesse de cientistas públicos brasileiros de aumentar seus rendimentos, com apoio de associações de cientistas como a Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência, SBPC, o que resultou nas leis de inovação tecnológica de 2004 no Governo Lula e de 2016 no Governo Dilma. Em 2004 foi editada a Lei da Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004) que permite as instituições públicas firmarem contrato de trabalho com empresas privadas para geração conjunta de tecnologias (Art. 9º, Lei 10.973 de 02/11/2004) como novas cultivares transgênicas. Essa Lei proíbe a publicação dos resultados obtidos nas parcerias entre instituições públicas e privadas, condicionando a publicação dos resultados à autorização da Instituição (Art. 12, Lei 10.973 de 02/11/2004).

Publicar resultados obtidos por Instituição Pública, ao invés de ser um imperativo constitucional estabelecido no Caput do Artigo 37 da Constituição de 05/10/1988, deixou de ser a regra legal e passou a ser uma exceção a ser autorizada. Essa Lei ainda criou estímulos pecuniários para que o pesquisador público assim proceda, criando bolsa para o pesquisador público paga pelo parceiro privado (Art. 90 e § 1º, Lei 10.973 de 02/11/2004) e ratifica a participação nos resultados econômicos anteriormente previstos na Lei de Patentes (Art. 93 § único, Lei 9.279 de 14/05/1996) e o estende para toda inovação, como exemplo a Proteção sobre nova cultivar (Art. 13, Lei 10.973 de 02/11/2004). A Lei de Inovação Tecnológica de 2004 não privatizou a estrutura pública das Instituições científicas do Estado, mas privatizou seus resultados incentivando Instituições Públicas a trabalharem para pessoas jurídicas privadas, criou obstáculo legal para publicação dos resultados e estimulou financeiramente o pesquisador

público a assim proceder. Ademais, para que os financiamentos de pesquisa feitos por pessoas jurídicas privadas em instituições públicas sejam custeados com benefícios fiscais, foi estabelecida uma redução no Imposto Sobre a Renda (Art. 17, inciso I e § 2º, Lei 11.196 de 02/11/2005 e Art. 30, I e §1º do Decreto 5.798 de 07/06/2006 que regulamenta referida Lei) e ainda estabelece que a pessoa jurídica privada fique com os resultados (ROSSETTO, 2007). A privatização se completou com a Lei de inovação de 2016, que vou passar a discutir.

Da lei

A Lei 13.243, de 11 de janeiro de 2016, consumou o objetivo da privatização da ciência e tecnologia gerada pelo Estado, que vinha sendo um objetivo perseguido desde a segunda metade da década de 90. Conforme declara seu artigo 1º abaixo transcrito, ela alterou 9 leis, sem revogar nenhuma delas.

Segundo o artigo primeiro, esta lei dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei no 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei no 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei no 12.462, de 4 de agosto de 2011, a Lei no 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei no 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei no 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei no 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei no 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional no 85, de 26 de fevereiro de 2015.

A principal lei alterada foi a Lei de inovação anterior, Lei 10.973, de 2 de dezembro de 2004.

O principal objetivo das leis de inovação é a privatização dos resultados da ciência e tecnologia desenvolvida pelo Estado, através de parceria da instituição pública com uma entidade privada, ficando o resultado com a entidade privada e recebendo o pesquisador público vantagens financeiras. O Artigo 9º da Lei 10.973 de 2004 não revogado trata de uma dessas vantagens financeiras que é um adicional ao salário em forma de bolsa: “É facultado à ICT celebrar acordos de parceria para realização (...) de pesquisa (...) com instituições (...) privadas. §1º (...) o empregado público da ICT envolvido (...) poderá receber bolsa (...) diretamente da instituição de apoio.

A Lei 10.973/04 estendeu para toda inovação, além da bolsa, outro estímulo para o pesquisador, que era restrito à Lei de Patentes, conforme o Art. 13, não revogado: “Art. 13. É assegurada ao criador participação mínima de 5% e máxima de 1/3 nos ganhos econômicos, auferidos pela ICT (...) de exploração de criação protegida. § 1º A participação (...) poderá ser partilhada pela ICT entre os membros da equipe”.

Para favorecer a privatização da tecnologia pública, foram criados incentivos fiscais para a inovação tecnológica, como o Artigo 17 da Lei 11.196 de 21 de novembro de 2005, “dedução, para efeito de apuração do lucro líquido, de valor correspondente à soma dos dispêndios (...) com pesquisa tecnológica. § 2º (...) dispêndios com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica contratados no País com universidades, instituição de pesquisa (...) desde que a pessoa jurídica que efetuou o dispêndio fique com (...) o controle dos resultados”.

Está tramitando na Câmara a proposta de Lei Ruanet para CTI (Ciência Tecnologia e Inovação), PL 5425 de 2016. O PL prevê que pessoas físicas podem abater 90% da doação para ICT (Instituição de Ciência e Tecnologia) até o limite de 10% do imposto devido. Pessoas jurídicas podem abater 50% da doação para ICT até o limite de 8% do imposto devido. Este mecanismo de financiamento da ciência, tecnologia e inovação é concentrador de renda e poder. Quem paga mais imposto de renda pode abater mais, investir mais e receber mais tecnologia, tornando-se ainda maior.

O artigo 12 da lei 10.973 de 2 de dezembro de 2004 pode ser considerado o coração dessa lei, e não foi revogado. Ele veda a publicação dos resultados, deixando claro que a lei de inovação é uma forma de privatizar o conhecimento e tecnologia pública obtida com recursos públicos do tesouro e de renúncias fiscais, que também são recursos públicos.

A Lei de inovação determina, em seu artigo 2º, a criação de um Núcleo de Inovação tecnológica, NIT, para fazer a gestão da política institucional de inovação. Na Lei de inovação de 10.973/2004 esse NIT tinha a mesma personalidade jurídica da Instituição. A Lei de inovação 13.243/2016 permite que ele continue com a mesma personalidade jurídica da instituição ou que o NIT tenha personalidade jurídica própria de direito privado (Art. 2º, VI), criando uma dupla personalidade jurídica nas instituições públicas brasileiras de ciência e tecnologia, uma aparência externa pública e uma unidade interior (NIT) que de fato faz a gestão da

pesquisa, de direito privado. É a privatização de toda a ciência e tecnologia pública do Brasil, pela qual pressionavam as corporações desde o final da década de 90.

Outra forma de privatização permitida pela Lei 13.243/2016 é a delegação à fundação de apoio de direito privado para captação e gestão das atividades de inovação, conforme o parágrafo único do Art. 18: “A captação, a gestão e a aplicação das receitas próprias da ICT pública, de que tratam os arts. 4º a 8º, 11 e 13, poderão ser delegadas a fundação de apoio”.

Outro retrocesso social da Lei 13.243/2016 foi a retirada da obrigatoriedade das universidades e demais instituições de ciência e tecnologia (ICT) bem como do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) e instituições de apoio, de trabalharem para microempresas e empresas de pequeno porte. Essa obrigatoriedade estava expressa no Art. 65 da Lei Complementar 123 de 14 de dezembro de 2006.

Da ilegalidade da Lei 13.243 de 11 de janeiro de 2016

A ilegalidade da Lei é confessada em seu artigo 1º modificado: “Esta Lei estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do País, nos termos dos arts. 23, 24, 167, 200, 213, 218, 219 e 219-A da Constituição Federal.

Nenhuma Lei necessita mencionar os artigos constitucionais que a embasam. O Art. 1º menciona desnecessariamente 8 artigos constitucionais que sustentam a legalidade da Lei. Tratando-se de uma Lei que regulamenta o funcionamento da administração pública na área da ciência, tecnologia e inovação, chama atenção a omissão do Art. 37 da CF que trata justamente da administração pública. Ele não foi omitido por acaso. A Lei o ignora, o desrespeita. O Art. 12 da Lei 10.973, de 2 de dezembro de 2004, ao proibir a dirigente, criador ou qualquer servidor de ICT de divulgar, noticiar ou publicar qualquer aspecto de criações de cujo desenvolvimento tenha participado diretamente ou tomado conhecimento por força de suas atividades, sem antes obter expressa autorização da ICT, contraria frontalmente o caput do Art. 37 da CF, também abaixo transcrito, em especial no que concerne ao princípio da publicidade.

O Artigo 12 não pode ser aplicado a servidor público, ainda que ele esteja colaborando com entidade privada. Poderia ser argumentado que o Artigo 37 deixou de ser citado por que foi citada a emenda constitucional 85 de 26 de fevereiro de 2015, que o modificou. A EC 85 abaixo transcrita eliminou a impessoalidade do Art. 37, ao permitir que o Estado faça parcerias com determinada empresa, mas não revogou o Artigo 37 todo, não eliminou os requisitos constitucionais de publicidade e moralidade.

Segundo o artigo 219-A, da CF/88, a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão firmar instrumentos de cooperação com órgãos e entidades públicos e com entidades privadas, inclusive para o compartilhamento de recursos humanos especializados e capacidade instalada, para a execução de projetos de pesquisa, de desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação, mediante contrapartida financeira ou não financeira assumida pelo ente beneficiário, na forma da lei.

Já o artigo 219-B, da CF/88 cria o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), que será organizado em regime de colaboração entre entes, tanto públicos quanto privados, com vistas a promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação.

O artigo 12 da lei contraria o princípio da transparência governamental segundo a qual a publicidade deve ser a regra e o sigilo a exceção. Ele inverte indevidamente esse princípio e estabelece o sigilo como regra sendo a publicidade a exceção que necessita de autorização especial para ser praticada. Isso é claramente ilegal e nocivo ao Brasil e, portanto, também imoral. O principal objetivo das Leis de inovação de 2004 e de 2016 é autorizar o pesquisador público prestar serviço a determinada empresa, sem publicar o resultado e ficando o resultado na propriedade da empresa. O pesquisador pode receber uma bolsa além de seu salário, participando dos lucros eventuais da tecnologia patenteada ou protegida. Se os pesquisadores públicos do Brasil tiverem a possibilidade de aumentar seu ganho financeiro dessa forma, quem produzirá conhecimento e tecnologia pública para o povo brasileiro? Quais serão os efeitos sobre o povo brasileiro com a redução da produção de conhecimento e tecnologia pública?

O conhecimento público é o bem maior de uma nação. Sem a publicação pelos cientistas públicos dos resultados de suas pesquisas e dos avanços tecnológicos e com a privatização da tecnologia obtida, o conhecimento e tecnologia pública não é ampliado e a nação deixa de usufruir outros benefícios previstos no texto constitucional, como a

construção de uma sociedade solidária (Art. 3º I da CF), erradicar as desigualdades sociais (Art. 3º III da CF) ou a redução das desigualdades sociais (Art. 170 VII da CF), promover o bem de todos (Art. 3º IV da CF).

O Art. 205 da CF declara no caput, de forma contundente, que a educação é direito de todos e no inciso II estabelece uma das condições necessárias para que esse direito se concretize, a liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber. Poderia uma Lei infraconstitucional, impedir esse nobre objetivo constitucional da liberdade de divulgar o saber, fundamental para garantia do direito de todos à educação?

E o princípio da ordem econômica da livre concorrência (Art. 170 V, da CF)?

Como poderia o Estado respeitá-la e promovê-la, fornecendo conhecimento apenas para uma das empresas e impedindo as concorrentes de receberem a informação e a tecnologia?

O desrespeito à constituição da Lei de Inovação Tecnológica (Lei 10.973 de 2 de novembro de 2004) impedindo a publicação de resultados e privatizando o conhecimento e a tecnologia é aberrante e de alta nocividade para o povo brasileiro.

A Lei 13.243/2016 é ilegal por desrespeitar o princípio da publicidade (Art. 37 caput da CF), por dificultar a construção de uma sociedade solidária (Art. 3º I da CF), por dificultar a erradicação da desigualdade social (Art. 3º III da CF) e sua redução (Art. 170 VII da CF), por promover apenas o bem de alguns privilegiados (Art. 3º IV da CF), por dificultar a educação (Art. 205 II da CF), por dificultar a livre concorrência (Art. 170 V da CF) e por desrespeitar o princípio da moralidade (Art. 37, caput da CF) que será explicado a seguir.

Da imoralidade da Lei 13.243 de 11 de janeiro de 2016

Existe uma moral pessoal, subjetiva e ditada pela consciência pessoal. Há também uma moral social, que é relativa a cada sociedade. A moral social deriva dos costumes, da religião e da ideia de justiça. No caso brasileiro, com maioria cristã, dois princípios são básicos: Amar o próximo e não fazer ao outro o que não deseja para si. Disto emana a ideia de que moral é o bem de todos. Pode-se considerar três critérios que podem ser aceitos em geral como definidores do que seja moral ou imoral: i) Verdade ou mentira. ii) Justiça ou injustiça. iii) O bem ou o mal.

Os primeiros estão do lado moral, os segundos do lado imoral. Não é justo que uma estrutura de universidades e institutos de pesquisa públicos, ou seja, mantidos com recursos pagos pelo povo em forma de tributos, não de publicidade aos resultados das pesquisas que faz, privatizando a tecnologia produzida, para engordar salários pessoais de alguns funcionários públicos e beneficiar algumas empresas e não por questões de segurança nacional ou relevante interesse nacional. O principal bem imaterial de uma nação é o conhecimento público. A publicação dos resultados amplia o conhecimento geral, o principal e grande bem imaterial do povo. Ou seja, a publicação dos resultados das pesquisas é moral e a não publicação é imoral. A tecnologia pública produzida com recursos públicos é moral, a tecnologia privada produzida com recursos públicos é imoral. A lei 13.243/2016 contraria o princípio da moralidade.

Ainda que pudesse ser legalizado o sigilo estabelecido pela lei com privatização dos resultados, ela continuaria a ser imoral, por que a regra do sigilo público é nociva ao povo brasileiro em geral. A moral está acima da lei. Uma norma legal pode não ser moral e uma norma imoral é sempre ilegal por que ofende o princípio da moralidade (Art. 37, caput da CF). A eventual legalização da lei de inovação, que poderia acontecer com edição de nova emenda constitucional, não tornaria essa lei moral e, portanto, legal.

Ela será eternamente imoral. Saber é poder. Esse é um preceito socrático, milenar, sabido desde antes de Cristo. O conhecimento é a base de toda e qualquer atividade econômica, desde a mais simples, até a mais complexa. Sem conhecimento não há atividade econômica. O monopólio do conhecimento resulta no monopólio econômico.

Sem distribuição de conhecimento não há igualdade, não há distribuição da renda. Para distribuir renda é necessário distribuir conhecimento e tecnologia. A concentração de tecnologia resulta em monopólio ou oligopólio e alta de preços, sendo nociva ao povo. Sem distribuição de tecnologia, ou seja, tecnologia pública, não existe livre concorrência. Também não é justo que agricultores que pagaram os tributos, vejam as instituições públicas por eles financiadas trabalhando para um oligopólio de grandes corporações multinacionais sementeiras, ao invés de trabalharem diretamente para todos os agricultores produzindo cultivares públicas. Isso será sempre imoral ainda que seja legalizado.

Conclusão

A nova política de inovação, com aplicação do disposto na Lei 13.243 de 11 de janeiro de 2016, em resumo consiste em aplicar recursos públicos, diretamente pelos governos e suas agências de fomento, ou através de empresas privadas, utilizando recursos públicos oriundos de incentivos ou renúncia fiscal, nas instituições de pesquisa privadas, ou nas públicas, oferecendo uma suplementação financeira ao pesquisador público, com privatização do resultado. É uma política que oferece vantagens a alguns empresários, ao pesquisador público que aderir, mas é nociva ao povo brasileiro, principal provedor dos recursos, que terá maior dificuldade de acesso ao conhecimento e à tecnologia pela qual pagou.

Em face dessa conjuntura jurídica, presto uma homenagem pessoal ao canadense Pat Roy Mooney, que em 1980, na página 72 do seu livro *Sementes da Terra, um bem público ou privado?* Escreveu: “Em outras palavras, a pesquisa agrícola do governo, se transforma em massivo subsídio aos melhoristas das corporações”.

As instituições de ciência e tecnologia pública do Brasil na área da agricultura têm cometido um grave erro. As cultivares produzidas pelas instituições do Estado brasileiro têm sido protegidas. O papel do Estado é produzir cultivares de alto nível e de uso livre. Isso garantiria a sobrevivência de pequenas empresas que poderiam utilizar a tecnologia do Estado para competir no mercado com as grandes empresas que tem maior potencial para fazer pesquisa e desenvolver tecnologia. Sem cultivares públicas de alto padrão disponíveis, a tendência é o mercado sementeiro ficar oligopolizado, como já aconteceu com o milho e o preço das sementes se elevarem prejudicando os agricultores.

O Estado, portanto, ao invés de encerrar sua atividade para não competir com grandes empresas, deve ao contrário fortalecer sua atuação fornecendo cultivares de livre uso para garantir a sobrevivência de pequenas empresas, fortalecer a livre concorrência e reduzir o custo das sementes para o agricultor. Esse é o papel do Estado. É inclusive seu dever constitucional, atuar para favorecer a livre concorrência (Art. 170 V da CF) e não trabalhar para o oligopólio sementeiro. Essa estratégia correta e constitucional sempre foi a política das instituições públicas de ciência dos Estados Unidos na área da agricultura.

Quando fui aluno do já falecido professor Wilbert A. Russell (3 agosto 1922 – 6 abril 2014), no curso avançado de melhoramento, na Universidade Estadual de Iowa, em 1981, ele disse com justo orgulho que o

milho híbrido simples mais cultivado dos Estados Unidos era resultante de duas linhagens públicas, B73 x Mo17, ou seja, uma linhagem pública de Iowa e outra pública de Missouri. Ele foi autor da famosa linhagem pública de milho B73 liberada em 1972.

Grandes e pequenas empresas sementeiras americanas usaram livremente a linhagem B73 como parental para híbrido simples. Esse exemplo deveria ser seguido pelas instituições públicas de pesquisa agrícola do Brasil. Os agricultores brasileiros devem se organizar e exigir isso do Governo. Porque essa política pública benéfica ao povo não é adotada no Brasil? A explicação é que no Brasil existe uma corporocracia, onde o Governo serve as corporações e não uma democracia onde o Governo serve ao povo. O Brasil precisa evoluir para uma democracia.

Os apoiadores da privatização do Estado acreditam que o setor privado pode substituir o setor público. No caso da pesquisa, ciência e tecnologia, isso não é verdadeiro. A pesquisa privada tem objetivo comercial, objetivo financeiro, o foco é o lucro. Na pesquisa pública, o foco é social e/ou ambiental. O principal objetivo do Instituto Agronômico de Campinas, sempre foi o melhoramento vegetal. Para que a diferença entre o melhoramento público e o privado seja entendida, vou dar dois exemplos de melhoramento vegetal, um privado com foco no lucro e um público, do Instituto Agronômico de Campinas, com foco social.

O herbicida mais conhecido do mundo é o glifosato. Seu fabricante descobriu uma bactéria tolerante ao herbicida. Graças à biologia molecular, conseguiu transferir a tolerância ao glifosato dessa bactéria para a planta de soja. A cultivar de soja transgênica tolerante ao glifosato dá duplo lucro ao fabricante do herbicida, com a venda do próprio herbicida e da semente a ele tolerante. Isso em parte é bom para o agricultor, porque facilita a aplicação do herbicida que antes só podia ser aplicado em pré-plantio e agora pode ser aplicado com a cultura já germinada. Mas o problema, é que as folhas da planta tolerante absorvem o herbicida aplicado, que se armazena na semente que será comercializada para utilização como alimento.

Para comercializar o grão da nova cultivar tolerante ao herbicida, a empresa precisou obter um aumento de 50 vezes no limite de resíduo do glifosato permitido no grão de soja. É claro que esse melhoramento privado foi bom para a empresa, foi em parte bom para o agricultor, mas foi nocivo ao consumidor, que tem que comer 50 vezes mais resíduo de herbicida do que comeria com a cultivar não tolerante. Esse é um exemplo

típico de melhoramento privado com objetivo de lucro. Ao invés de ter autorizado o aumento de 50 vezes no nível autorizado de resíduo no grão, o Governo deveria ter proibido o uso de tolerância a herbicidas em plantas alimentícias que aumentem o nível de resíduo do pesticida no alimento. Agora vou dar um exemplo de melhoramento público, sem objetivo de lucro e com objetivo social.

A mandioca, nativa do Brasil, é um dos alimentos mais comuns em todo território brasileiro. As cultivares de mandioca comercializadas no Estado de São Paulo, eram na maioria de cor branca, sem caroteno ou pró vitamina A. A cultivar Ouro do Vale, tinha cor amarela, mas era pouco cultivada devido a limitações agronômicas. Foi feito pela equipe de pesquisadores de mandioca do Instituto Agronômico, um programa de hibridação e seleção, que resultou em cultivares de mandioca amarela como a IAC 574/70, com qualidade agronômica e nutricional, que substituiu em todo Estado as cultivares brancas. As cultivares amarelas de mandioca obtidas pelo Instituto Agronômico de Campinas foram propagadas livremente, sem nenhuma burocracia ou barreira de propriedade intelectual. Hoje o povo paulista consome mandioca amarela, rica em caroteno, de alta qualidade nutricional.

O Instituto Agronômico de Campinas não teve nenhum lucro direto com esse trabalho, que, todavia, teve um enorme efeito social para o povo paulista. A pesquisa privada não substitui a pesquisa pública e o povo paulista será penalizado pela privatização dos resultados das pesquisas do Instituto Agronômico de Campinas. A equipe de melhoramento de mandioca do Instituto Agronômico de Campinas, também está ameaçada de desmonte. Conta hoje com três pesquisadores já com tempo para aposentar e não está conseguindo contratar pelo menos um para dar continuidade ao trabalho. O desmonte das equipes de melhoramento do IAC coloca em risco a soberania nacional na área de melhoramento vegetal. O melhoramento tem que ter continuidade para se eficiente. O novo pesquisador nessa área deve trabalhar alguns anos com os mais antigos para conhecer o material genético e dar sequência ao trabalho. Uma vez interrompido esse elo, perde-se germoplasma e o conhecimento acumulado, tornando difícil a retomada do programa.

O imperialismo tem duas fases bem distintas. Uma foi a fase do imperialismo de Estado, imperialismo territorial. Um Estado mais forte conquistava o território de outro Estado mais fraco que se tornava colônia. Exemplos são os impérios romano, inglês, espanhol e o português do qual fomos colônia.

Após a Convenção de Paris de 1883, foi criado um mecanismo patentário industrial internacional que permitiu a apropriação do conhecimento da indústria, provocando paulatinamente uma mudança no imperialismo. O imperialismo de Estado territorial foi substituído pelo imperialismo do conhecimento, da tecnologia, detidas por corporações pertencentes aos países que desenvolveram mais conhecimento, mais tecnologia. As corporações ocupam os territórios e dominam os governos. Em 1994, com o final da Rodada Uruguai, o poder das corporações foi ampliado com duas medidas: extensão das patentes para seres vivos que permitiu também a dominação sobre a agricultura e obrigatoriedade de participação em todas as áreas. As corporações aumentaram seu poder, dominam a indústria e agora também a agricultura.

Com a Lei 13.243/2016, toda tecnologia produzida pelo Estado brasileiro poderá ser apropriada pelas corporações quase sem custo. Mesmo que surja alguma nova empresa brasileira como resultado da atividade de pesquisadores empreendedores, essa empresa pode ser comprada pelas corporações multinacionais fazendo com que ao final não reste nada nacional. A principal conclusão deste trabalho é que os brasileiros estão retornando à condição de colônia e estão pagando para isso com seus tributos.

Referências

ANTONIALI, Antônio Fernandes. Impacto das cultivares transgênicas nas empresas nacionais de sementes de milho. In. PATERNIANI, M.E.A.G.Z., DUARTE, A.P. e TSUNECHIRO, A. (Eds.) *Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos*. Campinas: Instituto Agrônomo e Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 161-172.

HATHAWAY, D. *Patentes: Lei promulgada por FHC*. AS-PTA, Rio de Janeiro, 1996.

LEITE, Rogério Cezar De Cerqueira. *CODETEC – Companhia de Desenvolvimento tecnológico*. Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro, 2008, p. 483-489.

MOONEY, Pat Roy. *Seeds of the earth, a private or public resource?* Canadian Council for International Cooperation, Ottawa, 1980.

RODRIGUES, ROBERTO. *Agricultura e agronomia*. Estudos Avançados, São Paulo. 200, p. 289-302.

ROSSETTO, C. J. As Leis de patentes e de proteção de cultivares como indutoras da privatização da pesquisa pública agropecuária do Brasil. *Jornal da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas*. Nº 14, outubro de 2007, p. 8.

ROSSETTO, C. J. *Porque somos pobres*. Universidade e Sociedade, São Paulo. 1993, 77-85.

ROSSETTO, C. J. O desmonte do Instituto Agrônômico. *Correio Popular*, Campinas, 19 de dezembro de 2015. Seção A2.

SALLES FILHO, S. et al. *Reforma institucional do Instituto Agrônômico-IAC*. Documento final. Instituto Agrônômico de Campinas, 1997.

NANOTECNOLOGIAS, AS SETE TESES SOBRE O MUNDO RURAL E OS RESULTADOS SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR BRASILEIRA

Jorge Luiz dos Santos Junior^{*}

Samir Seródio Amim Rangel^{**}

Wander Luiz Pereira dos Santos^{***}

Introdução

A história recente do desenvolvimento rural brasileiro possui íntima ligação com o desenvolvimento científico e tecnológico, sobretudo no que tange a sua via importada. Apesar da existência de várias interpretações, parece inequívoca a concordância em relação à persistência de uma “revolução verde” entre os anos 1960 e 1980 que teve como objetivo sustentar o processo de substituição de importações que se dava por meio de uma intensa industrialização. Para tanto era necessário inovar nas formas de produção agrícola a fim de gerar superávits comerciais, garantindo as divisas para a importação de novas máquinas.

A complexidade dos movimentos observados na dinâmica territorial brasileira ocorrida nesse período não permite uma sumarização, haja vista que ocorreram mudanças bruscas: no perfil do uso e ocupação do solo, no tipo de técnica e padrão tecnológico utilizado, na forma de financiamento das atividades, bem como na estrutura de propriedade das terras. O fato é

^{*} Doutorado em Ciências Sociais (CPDA-UFRRJ). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Membro da Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. É também integrante do Núcleo de Extensão em Desenvolvimento Territorial Rural da UFES, exercendo Assessoria em Gestão Social em Territórios Rurais.

^{**} Doutorando em Políticas Públicas (UFPR).

^{***} Mestre em Cognição e Linguagem (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro). Professor Efetivo do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação Técnica e Tecnológica do Espírito Santo (IFES).

que a agricultura de transformação completamente, talvez de formas mais intensa que a indústria.

O emaranhado de acontecimentos intrigantes dessas décadas tornou-se objeto de estudo de inúmeros e renomados pesquisadores de diversas escolas. Grandes teses foram produzidas analisando minuciosamente fatos e questões imanentes a esse mundo novo mundo rural brasileiro, que se tornou a base reprodutiva de um projeto de desenvolvimento que enseja, nas palavras de Shiva (1991), a reprodução não apenas de determinadas formas de criação de riqueza, mas também formas de pobreza.

No entanto, negligenciando toda a complexa realidade do rural brasileiro, atualmente circula no meio acadêmico e político brasileiro “sete teses sobre o mundo rural brasileiro” (BUAINAIN et al., 2013) que se apresentam como um novo olhar científico e sistemático sobre o Brasil rural; deixando de considerar as contribuições realizadas há décadas por diversos pesquisadores, também de alto nível, que dedicaram todo seu intelecto, tempo e recursos para registrar e analisar os inúmeros aspectos dessa amálgama de fatos e coisas que circundam a temática.

Neste capítulo não pretendemos dialogar diretamente com essas sete teses a fim de apresentar suas limitações, pois isso já foi feito de forma muito consistente por Mattei (2015). O que buscamos é analisar, partindo do perfil ideológico dos formuladores dessas teses, explicar os resultados nefastos sobre o rural brasileiro ao considerarmos o desenvolvimento de uma agricultura e produção de alimentos pautada na premissa de um desenvolvimento científico e tecnológico excludente; tal como se vislumbra a partir da introdução de tecnologias de ponta como a biotecnologia e, mais notadamente, as nanotecnologias.

Partimos do pressuposto de que a categorização do rural brasileiro deveria passar pelo reconhecimento de sua diversidade sociocultural, histórica, econômica e geográfica. Dessa forma, quaisquer propostas de intervenção seriam pautadas mais na diversidade que na regularidade. Por exemplo, reconhecendo como produtivos e modernos tanto empresários rurais, como agricultores familiares.

Além disso, buscamos discutir as possibilidades inerentes ao desenvolvimento da agricultura familiar a partir de um novo padrão tecnológico pautado nas nanotecnologias, que já vem sendo aplicadas na agricultura de alguns países ao redor do mundo.

A ideologia indolente das sete teses

Como já propomos em outros momentos (SANTOS JUNIOR; AFONSO, 2016) as ideologias fazem parte da existência humana em sociedade. Esse texto, por exemplo, não é uma obra livre de ideologia, já que as ideias são ideologias por simples conclusão tautológica. Portanto, não há “crime” nenhum em tê-la, pior seria sua ausência. Todavia, o problema está nas ideologias demagogas, quando as ideias claramente vão a uma dada direção, mas o discurso, predominantemente demagogo, busca a dissimulação de suas afiliações dogmáticas.

As “sete teses” se apresentam, tal qual se lê em seu artigo de divulgação, como a primeira obra notadamente científica, já que todas as outras estariam impregnadas de romance, ideologia e desconhecimento da realidade. Sua notória vantagem, na perspectiva de seus formuladores, estaria no uso da pesquisa de campo e de análises robustas dos (desatualizados) dados disponibilizados pelo Censo Agropecuário de 2006.

Na sequência das sete teses, foi publicado o documento intitulado “O mundo rural no Brasil do século 21”. Todos os 51 pesquisadores daquela obra, os chamados cientistas sociais (apesar da ausência naquela equipe de antropólogos, historiadores e cientistas sociais *stricto sensu*) são apresentados como autoridades e maiores especialistas no assunto em tela. Esse estudo traz uma amálgama de interpretações sobre o mundo, notadamente importante para o debate, mas que longe estão de esgotar a complexa realidade que se construiu com forte responsabilidade das políticas de desenvolvimento brasileiras.

O lançamento daquela segunda obra aconteceu no ano de 2014 e contou com transmissão ao vivo pela internet, com a presença de ex-ministros e se fez na prestigiada Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP). Aqui paira a primeira ideologia, qual seja: tudo que se fez, pensou, investigou e teorizou antes de 2013 e 2014 correria um severo risco de estar equivocado. Obviamente, dado o número de pesquisadores e visões, “O mundo rural no Brasil do século 21” traz algumas análises mais completas, algumas chegam a relativizar as sete teses, mas o documento que se notabilizou foi, infelizmente, o primeiro.

Se não conhecêssemos bem a qualidade dos inúmeros pesquisadores e as centenas de trabalhos acadêmicos (entre eles teses e dissertações) que estiveram na empreitada dos estudos rurais há décadas, poderíamos admitir como realidade a visão linear que se construiu com a publicação

das sete teses. No entanto, não nos parece razoável que aquela histórica frente de trabalhos, notadamente científicos, esteja inteiramente tomada apenas pelo romantismo, tal como afirmam aqueles. Aliás, não se pode admitir que Teses de Doutorado sejam feitas apenas com romantismo.

Utilizando, portanto, a palavra romantismo para caracterizar esse olhar vislumbrado por ideologias, as setes teses, que já haviam sido rascunhadas no trabalho de 2013, também podem ser caracterizadas como românticas. Isso porque trazem a visão de que existe apenas uma categoria de empreendedor rural dinâmico e moderno, bastante afeto às tecnologias, autossustentável (ou seja, independente de governos); sendo todas as outras formas de produção completamente arcaicas e ineficientes, especialmente aquelas ligadas a agricultura tradicional e familiar. Para os propositores das sete teses o agronegócio seria o único segmento de destaque para a economia brasileira.

Assim, o que sugere aquela obra é que a categoria de pequenos agricultores estaria fadada ao desaparecimento ou eterna tutela devido à ineficiência. Além disso, o futuro do desenvolvimento brasileiro se consubstanciaria com o protagonismo do dinâmico complexo agroindustrial, participante voluntário de um sistema de crédito privado, importante contribuinte da pauta de exportações e ator independente do Estado nos seus desígnios (como se houvesse algum).

Essa ideologia que relega a agricultura familiar à categoria de “coitados” improdutivos e inviáveis economicamente, afetos à tutela, considera que apenas 20% das propriedades rurais brasileiras são viáveis. Interessante notar que esse número representa a maior parcela das terras brasileiras, já que é bastante conhecida a alta concentração de terras que ocorreu nos últimos anos no Brasil. Lembremos que no Censo 2006 o número de estabelecimentos com até 10 hectares representava mais de 50% do total de estabelecimentos, porém detinham apenas 2,4% da área total.

Como apontado por Mattei (2015), ao negligenciar (involuntária ou deliberadamente) a relevância do fenômeno da concentração de terras no país, as teses passam a desconsiderar a relevância da posse de terras, atribuindo maior importância ao domínio de técnicas modernas de produção. Ou seja, a terra havia deixado de ser meio de produção, sendo protagonistas as tecnologias. Ao fim e ao cabo, propõe-se o esgotamento da necessidade de se discutir e promover a Reforma Agrária no Brasil.

Cabe-nos lembrar que a modernização cumpriu parte do seu objetivo, que foi tecnificar parte do rural, liberando mão-de-obra para a

indústria e produzindo alimentos para as cidades. No entanto, a Agricultura Familiar de muitos territórios, com toda a dificuldade dada a ausência de políticas públicas, se manteve firme e ainda domina a produção de alimentos no Brasil.

No entanto, a ideologia presente nas sete teses e que está dominando muito recentemente o aparato ideológico das políticas públicas para agricultura no Brasil, pretende dar continuidade ao processo de modernização excludente, tal como analisou Graziano da Silva (2000) em trabalhos profundamente empíricos. É excludente porque negligencia as nuances socioculturais, econômicas, históricas e geográficas apontadas anteriormente.

Um aspecto retórico percebido por Mattei (2015) refere-se à percepção das sete teses da existência de um agronegócio coeso e perfeitamente dinâmico. Para o autor, a produção agrícola (ou vegetal) tem tido um papel importante nas exportações brasileiras e na geração de superávits comerciais, mas a pergunta fundamental é: o que de fato estamos exportando? E a resposta é aniquiladora: mais de 50% da pauta de exportação do rural é composta por soja e açúcar. Se incluirmos o eucalipto que se transforma em celulose e o café *in natura*, chegaremos a uma pauta bastante especializada. Ou seja, pouca modernidade há nisso.

Outra questão crítica: E nesses setores exportadores, como está a tecnificação e sua repercussão sobre a produtividade? Outra resposta aniquiladora: Para o caso da Soja, entre 1996 e 2012 a produtividade aumentou apenas 15%. Para Mattei (2015) o que ocorreu nos últimos anos foi o aumento da área plantada dessas culturas, o que notadamente se fez a expensas da produção de alimentos. Além disso, conforme o autor, fala-se em um Agronegócio dinâmico, moderno, liberal; mas que desde sempre depende do Estado, seja no perdão de dívidas, seja no crédito subsidiado ou nas diversas políticas de subsídio.

Assim, a “ultramoderna” agricultura/agroindústria brasileira trata-se de um setor altamente especializado, concentrado e profundamente dependente do governo e dos desígnios do mercado externo. Ou seja, uma estrutura produtiva completamente afastada dos pressupostos requeridos por uma ideologia liberalizante que notadamente formam a base das sete teses.

A nossa ideologia e o papel da agricultura familiar

Antes de iniciar essa seção gostaríamos de pontuar que nossa ideologia sobre a agricultura familiar no Brasil foi construída com base em extensas leituras durante nossa formação acadêmica, no olhar atento sobre os dados disponíveis sobre o tema e na análise das políticas públicas construídas para a agricultura familiar nos últimos anos. E vai um pouco mais além, pois também possui profunda conexão com o extensionismo rural que exercemos há anos, circulando pelos cenários rurais e pelos espaços de participação social da agricultura.

O primeiro aspecto que deve ser destacado é que diferentemente do que pensam alguns intelectuais, o agricultor familiar é produtivo, haja vista a produção de alimentos que chegam às mesas dos brasileiros, e isso não é retórica, é fato. Conectando a noção de agricultura familiar com a de camponês, caminhamos para além do aspecto produtivo do meio rural. Avançamos em direção às noções de cultura, modo de vida, enraizamento territorial, entre outros. Assim, mais do que a produção, a agricultura familiar envolve um modo de vida e de relação com a terra bastante diferente do que se estabelece nas produções de larga escala.

O agricultor familiar mantém uma íntima ligação com a terra que perpassa a mera sensação de posse. As pequenas cidades, que são a maioria entre as mais de cinco mil que existem no Brasil, foram e são forjadas por esse tipo de dinâmica. Todo o comércio local, os bens culturais, o turismo são tributários da formação sociocultural completamente conectada com a agricultura familiar.

Assim, analisar a produção de base familiar apenas do ponto produtivo, se não é um equívoco de uma visão economicista, é falta de honestidade intelectual. Pois, pensar a amálgama da formação social como sistêmica é um aspecto básico de qualquer análise pretensamente científica. Quando o objeto de análise é a sociedade, os artifícios metodológicos das ciências econômicas são, senão equivocados, ao menos precários.

No que se refere à segurança alimentar, a manutenção de famílias no campo por si só se apresenta como importante contribuição nesse sentido. Quando ocorrem movimentos migratórios para os centros urbanos, acaba-se com qualquer possibilidade de produção de autossustento. Mas a segurança alimentar vai muito além desse aspecto, já que é inequívoca a contribuição do excedente de produção como fonte de alimento para os mercados diversos.

Uma palavra negligenciada pelos críticos que não acreditam na possibilidade de autonomia e sustentabilidade da pequena produção é a autogestão. A multiplicação de experiências depende fundamentalmente dos processos de fortalecimento da educação no campo. Ainda hoje o analfabetismo no meio rural é maior que nos centros urbanos. No passado recente os índices eram muito elevados. A melhoria educacional é sinônimo de melhoria dos processos.

Nanotecnologias, produção de alimentos e segurança alimentar: limites e possibilidades na agricultura familiar

Um *clipping* de notícias intitulado “Ciência deve ajudar políticas públicas a garantir segurança alimentar da população” traz algumas opiniões de especialistas sobre o atual papel da ciência para a manutenção da oferta de alimentos e para a segurança alimentar. Infelizmente as falas não são férteis em apontar como de fato a ciência e a tecnologia podem promover a Segurança Alimentar. O que temos visto com muita frequência é que as Políticas públicas que deveriam fortalecer a agricultura familiar, que ainda é símbolo de Segurança Alimentar e nutricional no Brasil, estão cada vez mais comprometidas, devido à insistência em um equilíbrio fiscal esmagador.

De um lado as experiências com orgânicos e agroecologia estão sendo profundamente rechaçadas ideologicamente pela visão produtivista, enquanto, por outro, fortalece-se o agronegócio de exportação. Isso tem ocorrido inclusive nos centros de formação de brasileiros que no futuro próximo ocuparão cargos de liderança na elaboração dessas políticas.

Além disso, ainda no século XXI, inúmeras experiências de Assistência Técnica e Extensão Rural vêm focando na introdução de agroquímicos que estão envenenando inúmeras famílias de agricultores, bem como os alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, o que se reflete em altos índices de doenças pulmonares, cânceres de diversas naturezas e elevado índice de suicídio na população camponesa.

A evolução das pesquisas na área de nanotecnologia, agricultura e alimentos ao redor do mundo revelam a importância que o tema adquiriu nos últimos anos. Uma pesquisa bibliométrica realizada por Mukhopadhyay (2014) mostrou que em um lapso de apenas quatro anos aumentou em mais de 13.000 o número de artigos científicos publicados nessa área. As potenciais aplicações da nanotecnologia na produção e indústria de alimentos são incomensuráveis. Novas pesquisas que estão

sendo realizadas incluem a redução de gordura e o teor calórico de alimentos populares como sorvete, o desenvolvimento de alimentos que mudam de cor ou de sabor de acordo com as preferências do consumidor, o aumento do tempo de vida de prateleira de produtos perecíveis, entre outros.

As nanotecnologias tem potencial para impactar muitos aspectos dos sistemas agrícolas e alimentares, pois podem ser aplicadas em toda a cadeia de produção de alimentos, modificando desde a duração do cultivo até o processamento dos alimentos para o consumo final (MEULEN et al., 2013). No quadro 01 são sumarizadas as possibilidades que já estão sendo exploradas no âmbito da nanoagricultura e dos nanoalimentos.

Quadro 01 – Exemplos de pesquisas e possíveis usos de nanotecnologias aplicadas à agricultura

Tipo de Produto	Descrição
Nanoagroquímicos	Empresas do setor estão reduzindo para a nanoescala o tamanho de partículas existentes em insumos químicos utilizados, pesticidas, fungicidas, etc. Além disso, encapsulam para que abram somente em determinadas condições, por exemplo: luz solar, calor, condições do solo, etc.
Nanomanipulação genética de culturas agrícolas e animais	A nanobiotecnologia oferece novas ferramentas para a manipulação de genes de plantas ou animais, se utilizando da manipulação de nanopartículas, nanofibras e nanocapsulas, ao invés de usar vetores virais, para transportar DNA estranho e produtos químicos para dentro das células.
Biologia sintética para criação de organismos inteiramente novos.	Biologia sintética é a área que combina Engenharia genética com nanotecnologia, informática e engenharia. Estudos já avançam na modificação genética de bactérias, o que era impossível até então. Possivelmente serão criados, muito em breve, organismos com habilidades de autorreplicação. Com isso será possível criar micróbios sintéticos capazes de produzir nutrientes, vitaminas, aromas e sabores diretamente na planta, potencializando a diferenciação no comércio de alimentos.
Desenvolvimento de nanossensores para monitoramento das plantações	Trata-se do desenvolvimento de mecanismos portáteis e ágeis de controle de qualidade de alimentos, controle de doenças, melhoria da cultura ou genética animal. Caminha-se também para o monitoramento remoto das fazendas, controlando-se a umidade do solo, a temperatura, PH, presença de ervas daninhas, etc.

Fonte: Baseado em Miller e Senjen (2008).

Quando refletimos sobre as possibilidades de se aliar agricultura familiar com desenvolvimento científico e tecnológico, não podemos

perder de vista a importância de se rechaçar o tradicional modelo de indústria agrícola. Isso não significa negligenciar a importância dessas. Todavia, o que se propõe é justamente romper com o preconceito que concebe agricultores familiares como atrasados e retrógrados, pensando o desenvolvimento científico e tecnológico como suporte para a promoção de outro tipo de modernidade agrícola. Nesse sentido, demandaríamos outro tipo de indústria para o rural.

Em nossa concepção acreditamos na possibilidade, sim, de uma agricultura familiar moderna, já que é inquestionável o protagonismo, empreendedorismo e a alta produtividade desses agricultores, os quais literalmente tira “leite de pedra” haja vista as características geomorfológicas de muitas propriedades. Para que isso seja de fato reconhecido torna-se fundamental que a ideia de modernidade seja diferenciada da perspectiva da modernização conservadora, onde a agricultura apareceria apenas como uma função da indústria.

A noção de uma produção agrícola de base familiar vai muito além da mera contribuição para a geração de superávits comerciais, já que estamos preocupados com um tipo de produção, inclusive moderna, capaz não só de oferecer alimentos para os grupos familiares envolvidos, mas que também sirva como uma importante fonte de geração de excedente. Além disso, trata-se de um tipo de organização agrícola que ao invés de expulsar, fixa o trabalhador no campo, reduzindo as pressões sobre os indicadores sociais por conta de migrações para o já inchado e caótico espaço urbano.

Quanto ao aspecto da segurança alimentar, a revolução verde, focando apenas no aumento quantitativo da produção de alimentos e criação de uma cadeia de insumos a serem comprados da indústria, promoveu um deliberado uso de agrotóxicos, que anula a qualidade nutricional dos alimentos e coloca em risco a vida dos produtores e consumidores.

Na sequência dos acontecimentos, o que tem se verificado é um maior uso de agroquímicos com potencial de contaminação; maior concentração de terras e econômica na produção de *commodities* de exportação; indústria de alimentos processados substituindo alimentos naturais. Vejamos que nesse caso o desenvolvimento científico e tecnológico promove mais insegurança e distorções sociais.

No entanto, também é possível vislumbrar aspectos positivos, tais como: Maior produção de alimentos com respectiva redução dos preços; ciclos de safras agrícolas mais longos, permitindo manutenção do

abastecimento; redução do uso dos Recursos naturais (tecnologias limpas) e dos custos de produção (aumento da produtividade). Todavia, esses eventos dependem muitas honestidade e ética.

Por fim, nos cabe pensar na seguinte questão: A agricultura familiar seria compatível com o desenvolvimento das nanotecnologias? A resposta óbvia é sim, mas nesse caso pensamos as Nanotecnologias como Tecnologias Acessórias, que carregam a função de facilitar a permanência do homem no Campo, com investimentos nas seguintes áreas: tecnologias de comunicação; geração de energia; embalagens de baixo custo; ferramentas de plantio; ferramentas de colheita. A atividade fim, mais ligada aos orgânicos e a agroecologia não são competitivas com as nanotecnologias em sua feição de nanoalimentos. Aqui, o desafio está no perfil do consumidor, esperando que este esteja mais informado e mais politizado.

Onde estamos, para onde vamos?

O que é preciso? Que a Política Pública dirigida à manutenção da Agricultura Familiar, com gestão e planejamento possa organizar a produção familiar para os mercados próprios. Ou seja, tecnologias sociais e produtivas que considerem a realidade desses agricultores, sem privilegiar a tutela, mas assim a política pública de enfrentamento dos desafios. Os agricultores familiares não são atrasados, apenas não estão inseridos numa lógica de mercado conforme é comum às *commodities*.

Com as novas tecnologias, ao mesmo tempo em que se pode aprofundar a disparidade no meio rural também existe a possibilidade de se avançar no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. Para tanto, é fundamental que se evite tanto a tecnofobia quanto a tecnofilia, e que seja possível a prática do princípio da responsabilidade nos termos enunciados por Jonas (2006), onde a ética e o reconhecimento da incerteza sejam um protocolo na aventura científica.

Nas aventuras inovativas, por exemplo, o conhecimento Movimento dos Pequenos Agricultores trabalho com um projeto coletivo que vai da cana à produção de melado, rapadura, açúcar e álcool. Os primeiros são vendidos nos próprios mercados locais, o álcool abastece os carros e motos. Vendem diretamente ao consumidor, entregando em casa. Isso tudo é tão inovador, e continua sendo uma tecnologia camponesa.

E para onde caminhar no debate? Soberania e segurança alimentar; controle de mudas e sementes; análises de toxicidade; monopólio de cadeias produtivas; formação de recursos humanos; ética na prática produtiva e na pesquisa científica; regulação. Esses são temas muitos caros às ideologias liberalizantes e tão necessários em um cenário de profundas disparidades econômicas e sociais ainda vivenciado no Brasil.

A formulação da agenda política precisa considerar também que o desenvolvimento tem mais a ver com segurança alimentar e menos com balança comercial agrícola. Uma estratégia nacional para a nanoagricultura deveria trazer como mote a perspectiva da difusão do conhecimento e desenvolvimento de tecnologias capazes de serem reproduzidas por quaisquer tipos de produtores. O objetivo é evitar o controle absoluto de tecnologias e insumos, sobretudo daquelas tecnologias produzidas a partir do emprego de diversos recursos públicos.

Referências

BUAINAIM, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARR, Z. Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. *Revista de Política Agrícola*. Ano XXII – No 2 – Abr./Maio/Jun. 2013.

GRAZIANO DA SILVA, J. *O novo mundo rural brasileiro*. Campinas: Unicamp, 2000. 151 p. Série Pesquisas.

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

MATTEI, L. Considerações Acerca de Teses Recentes sobre o Mundo Rural Brasileiro. *RESR*, Piracicaba-SP, Vol. 52, Supl. 1, p. S105-S124, 2014.

MEULEN, B. V. D.; et al. *Nano Foods: Principles-Based Responsive Regulation: EFFoST*. San Diego: Elsevier, 2014.

MILLER, G.; SENJEN, R. *Out of the Laboratory and on To Our Plates: Nanotechnology in Food & Agriculture*, Friends of the Earth Australia, Europe and US. Melbourne, 2008.

MUKHOPADHYAY, S. S. Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. *Nanotechnol Sci Appl*. 7: 63–71, 2014.

SANTOS JUNIOR, J.L; AFONSO, A. S. *Desafios para o desenvolvimento capixaba: uma perspectiva transdisciplinar*. Curitiba: CRV, 2016.

SHIVA, V.. *The Violence of the Green Revolution*. Zed Books: London, 1991.

SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA: AVALIAÇÃO DE RISCO EM LABORATÓRIO DE PESQUISA

José Renato Alves Schmidt^{*}

Denice Schulz Vicentini^{**}

William Gerson Matias^{***}

Introdução

O número de aplicações tecnológicas dos nanomateriais (NMs) cresceu significativamente ao longo da última década, estando presente em diversas áreas como: produtos esportivos, cosméticos, produtos químicos, telecomunicações, tecnologia da informação, indústria têxtil, construção civil, tratamento de água e remediação de solo, agricultura, produção e distribuição de energia, odontologia, metalurgia, indústria alimentícia, indústria farmacêutica, entre outras (ABDI, 2014 ,p. 27; ARCURI, 2016; ENGELMANN, 2016; HANSON et al., 2011, p. 3; NIOSH, 2013, p. 1). As nanopartículas de prata (NPag) tem uma alta demanda comercial em diversas aplicações, principalmente nas áreas da saúde, cosméticos e eletrodomésticos, entre outras, devido as suas excelentes propriedades antibacterianas e baixo custo (ARCURI, 2014; LEM et al., 2012, p. 61; NOGUEIRA; PAINO; ZUCOLOTTO, 2013, p. 60). A literatura registra que a concentração efetiva de NPag para atuação contra microrganismos é de 0,1 µg/L e a concentração tóxica para seres humanos 10 mg/L (CARREIRA,2009, p. 22 apud Oliveira,2006).

A utilização de materiais em escala nanométrica gera preocupação, pois estes apresentam propriedades físicas, químicas e biológicas diferentes

^{*} Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC).

^{**} Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais (UFSC).

^{***} Doutor em Toxicologia Ambiental – Universite de Bordeaux II. Pós-doutorado na Université du Québec à Montreal en Nanotoxicologia. Professor Associado da Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ou intensificadas em relação aos compostos em escalas convencionais. Esses efeitos são difíceis de prever a partir das propriedades conhecidas da mesma matéria em escala microscópica ou de extrapolações teóricas com base em propriedades atômicas ou moleculares. Desta forma, geram incertezas sobre os possíveis efeitos de toxicidade sobre os seres vivos e ao meio ambiente (ARCURI, 2016; ENGELMANN, 2016; EU-OSHA, 2009, p. 16; NIOSH, 2013, p. 1).

O aparecimento ou intensificação das propriedades dos NMs são resultantes da redução do tamanho e conseqüente aumento significativo da área superficial, promovendo maior disponibilidade de átomos na superfície para reagir com o meio e também liberar os íons metálicos que os compõem como, por exemplo, Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , entre outros. Esta maior disponibilidade dos íons é apontada como principal causa dos impactos adversos causados aos seres vivos e o meio ambiente (OBERDÖRSTER; OBERDÖRSTER, 2005, p. 828).

No período compreendido entre os anos de 2000 e 2015 foi registrado um aumento de 154% no número de trabalhos científicos com a expressão “Nanotechnology”. Deste total de trabalhos, apenas 6% consideram “Nanotechnology and Risk” e 2% com “Nanotechnology and Risk assessment” (WEB OF SCIENCE, 2016). Tais dados sugerem que a crescente demanda por produtos contendo nanotecnologia não é acompanhada por estudos de avaliação de riscos, reforçando a necessidade de estudos envolvendo avaliação e mitigação dos riscos ligados à saúde e segurança do trabalho para toda a rede de trabalhadores (pesquisadores, técnicos, bolsistas e terceirizados) que atuam nos laboratórios de pesquisas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o risco envolvido na Tarefa de sintetizar NPAG através da aplicação de um método de avaliação qualitativa do risco em um laboratório de pesquisa.

Metodologia

Para a realização da avaliação qualitativa do risco foi utilizada a metodologia de Controle de bandas (CB). O CB é utilizado em situações onde faltam informações comprovadas toxicológicas, como é o caso dos potenciais danos provocados pelos MNs (BROUWER, 2012, p. 506; FLEURY et al., 2013, p. 949; ISO/TS 12901-2, 2014).

O método CB utilizado foi o da ISO/TS 12901-2: 2014 , que apresenta 4 faixas para a exposição e 5 para o perigo. Após o enquadramento das faixas de exposição e perigo foi obtida a classificação do risco para execução da atividade e foram propostas medidas para mitigar o risco (ISO/TS 12901-2, 2014). Para realizar o enquadramento nas bandas de exposição na síntese foi analisado o tipo de síntese envolvida no processo e para o perigo foram respondidas perguntas com relação às características do nanomaterial, sendo elas referentes a dados de classificação por alguma autoridade relevante como: solubilidade, estrutura preferencial e existência de dados toxicólogos para o nanomaterial ou material análogo (ISO/TS 12901-2, 2014).

As NPAg foram obtidas a partir da síntese química via redução do nitrato prata com o borohidreto de sódio na presença de um agente estabilizante, o poli(cloreto de vinila) (LEE; MEISEL, 1982). Apenas um pesquisador realizou a Tarefa de síntese mensalmente, e este processo tem duração entre 30 a 60 min.

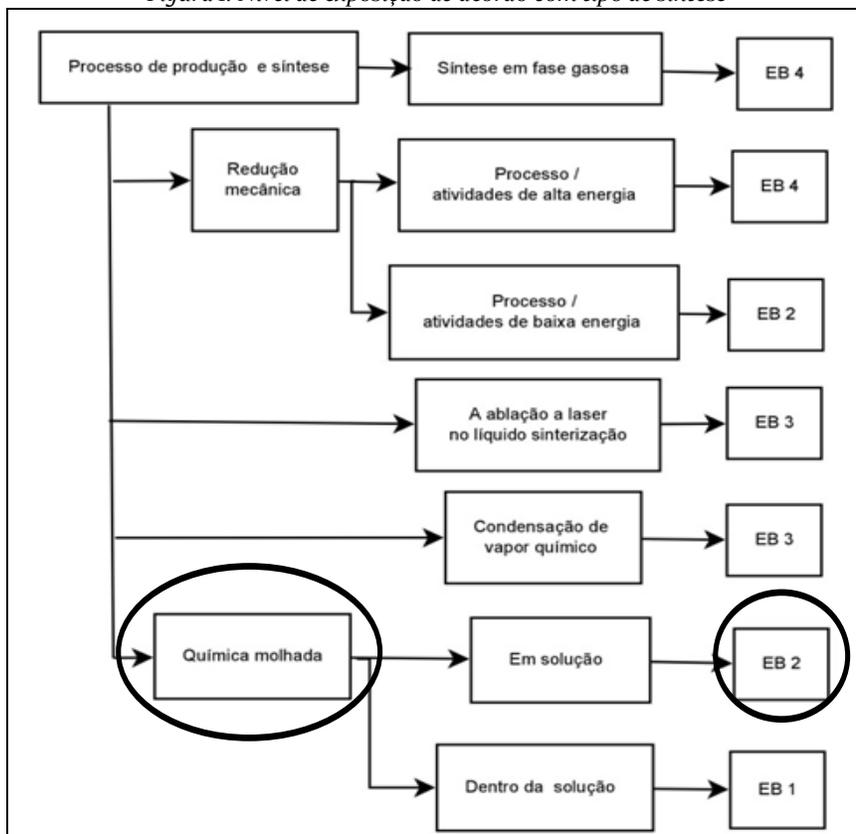
Resultados e discussões

Para definir o nível da exposição foi necessário determinar tipo de síntese, que para este estudo foi síntese química via úmida, ou seja, química molhada – em solução. A *Figura 1* apresenta os tipos de sínteses e os respectivos níveis de exposições. A síntese das NPAg foi classificada como EB2. Esse tipo de síntese possui um baixo nível de exposição, já que o nanomaterial encontra-se em suspensão.

O nível de perigo das NPAg foi determinado após responder os questionamentos mostrados na *Figura 2*. Alguns estudos *in vitro*, indicam que as NPAg podem induzir a efeitos genotóxicos e também causar comprometimento da função da mitocôndria (ASHARANI et al., 2009, p. 287; GREULICH et al., 2011, p. 3512; SHIN et al., 2007, p. 1817; TEODORO et al., 2011, p. 668). Além destes danos, as NPAg também podem ser citotóxicas e mutagênicas (GE et al., 2014, p. 2404; HUK et al., 2015, p. 18). Existe um número considerável de estudos de avaliação toxicológica de NPAg, os quais sugerem que os NPAg pode induzir toxicidade em seres vivos (GE et al., 2014, p. 2404). Entretanto, estudos salientam os efeitos causados em condições *in vitro* são diferentes dos efeitos causados nas condições *in vivo*. A eficiência e as limitações destas condições ainda estão sendo estudados (RADAIC et al., 2016, p. 1242). Neste estudo as NPAg foram identificadas com base nas informações toxicológicas dos estudos

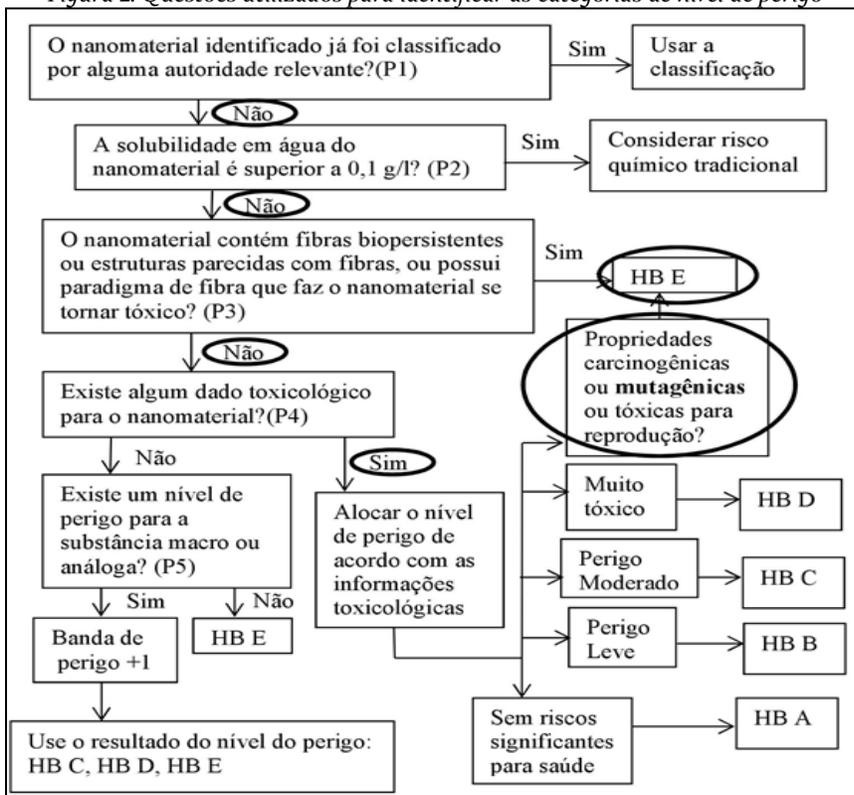
em condições *in vitro*. O resultado enquadró as NPAG como pertencendo à categoria “HB-E”, já que estudos apontam características mutagênicas.

Figura 1. Nível de exposição de acordo com tipo de síntese



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2: (2014).

Figura 2: Questões utilizados para identificar as categorias de nível de perigo



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2: (2014).

Após obter os dados referentes à exposição e ao perigo obtidos com base nas Figuras 1 e 2 foi determinado o nível do risco para a execução da Tarefa conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Matriz de avaliação do nível de riscos

Faixas de Perigo	Faixas de exposição			
	EB1	EB2	EB3	EB4
HB A	CB1	CB1	CB1	CB2
HB B	CB1	CB1	CB2	CB3
HB C	CB2	CB3	CB3	CB4
HB D	CB3	CB4	CB4	CB5
HB E	CB4	CB5	CB5	CB5

Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2: (2014).

Durante a síntese das NPAg a exposição foi enquadrada no nível 2 entre os 4 níveis possíveis. Entretanto, devido às informações toxicológicas que consideram que as NPAg podem ser mutagênicas, o perigo foi enquadrado como “E”, sendo o maior nível possível “CB5”. Portanto, a avaliação do risco resultou no enquadramento do grupo de máximo risco.

Para o nível de risco CB5 é sugerido que a exaustão seja do tipo contenção completa para execução da Tarefa (ISO/TS 12901-2, 2014 ,p.20). Esta contenção pode ser com sistema fechado com pressão negativa em relação à zona de respiração do pesquisador envolvido na operação ou um sistema fechado como de segurança biológica, caixas de luvas ou similares (ANDRADE, 2013, p. 128; NIOSH, 2014, p. 12; OSTIGUY et al., 2015, p. 41). O laboratório analisado conta com infraestrutura de capela de exaustão para o ambiente externo. Este tipo de exaustão não oferece risco adicional no caso da síntese da NPAg devido a esta ocorrer sempre em via úmida, reduzindo significativamente o risco para o pesquisador.

Conclusão

As metodologias de avaliação qualitativas de risco tendem a considerar o nível de risco alto quando o perigo é alto. Entretanto, até o presente momento a metodologia CB é a mais adequada para classificar o nível de risco, pois não temos métricas e nem protocolos para estimar a concentração e limites de tolerância para os NMs.

A avaliação qualitativa do risco da Tarefa de síntese resultou em baixa exposição às NPAg para o pesquisador devido ao tipo de síntese química empregada. Por outro lado, as informações toxicológicas referentes ao nível do perigo resultaram em alto nível, o que elevou o nível de risco como sendo o maior possível.

Portanto, apesar do resultado deste estudo apontar risco máximo para o processo de síntese de NPAg ainda são necessários maior número de dados toxicológicos para confirmar ou não o resultado obtido.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. *Cartilha sobre Nanotecnologia*, 2014. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 06 dezembro 2016.

ANDRADE, L. R. B. *Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia*. 2013. 257p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ARCURI, A. S. A. *Conceitos de nanotecnologia e os impactos à saúde dos trabalhadores*. Florianópolis, mar. 2014 Curso ministrado na FUNDACENTRO-SC 2014.

ARCURI, A. S. A. *Nanotecnologia e meio ambiente do trabalho*. Chápeco, 29 out. 2016. Palestra ministrada no XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente: socioambientais, a governança dos riscos de, da nanotecnologia e o marco legal ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

ASHARANI, p. V et al. Cytotoxicity and Genotoxicity of Silver. *ACS Nano*, v. 3, n. 2, p. 279-290, 2009

BROUWER, D. H. Control Banding Approaches for Nanomaterials. *British Occupational Hygiene Society*. Ann. Occup. Hyg. 2012. vol. 56, n. 5, 506-514.

CARREIRA, C.D. M. *Avaliação in vitro do controle microbiano e da neutralização de Endotoxinas presentes em canais radiculares por nanopartículas de prata*. 2009. 121p. Tese (Doutorado em Ciências Odontológicas), Faculdade de São Paulo, São Paulo.

ENGELMANN, W. *A Governança dos Riscos da Nanotecnologia e as Correlações com o Novo Marco de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil: Aspectos Jurídicos*. Chápeco, 27 out. 2016. Palestra ministrada no XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente: socioambientais, a governança dos riscos de, da nanotecnologia e o marco legal ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

EU-OSHA – EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. *New and emerging risks in occupational safety and health*. 2009.

FLEURY, D. et al. Nanomaterials risk assessment in the process industries: Evaluation and application of current control banding methods. *Chemical Engineering Transactions*, v. 31, p. 949-954, 2013.

GE, L. et al. Nanosilver particles in medical applications: Synthesis, performance, and toxicity. *International Journal of Nanomedicine*, v. 9, n. 1, p. 2399-2407, 2014.

GREULICH, C. et al. Acta Biomaterialia Cell type-specific responses of peripheral blood mononuclear cells to silver nanoparticles. *Acta Biomaterialia*, v. 7, n. 9, p. 3505-3514, 2011.

HANSON, N. et al. EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively. *Office of Inspector General Epa*, n. 12, p. 1-23, 2011.

HUK, A. et al. Impact of nanosilver on various DNA lesions and HPRT gene mutations – effects of charge and surface coating. *Particle and Fibre Toxicology*, p. 1-20, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/TS 12901-2: Nanotechnologies – Occupational risk management applied to engineered nanomaterials. Part 2: Use of the control banding approach*. Swetland: ISO, 2014.

LEE, p. C.; MEISEL, D. *Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols*. EUA: J. Phys. Chem. 86, 1982. p. 3391.

LEM, K. W. et al. Use of Nanosilver in Consumer Products Products Delivery Systems Hierarchy Formulation / Compounding Clusters / Structures Molecules Features Identify the Unmet Needs from Materials to / from Applications. *Bentham Science Publishers*, v. 6, n. 1, p. 60-72, 2012.

NIOSH. *Current strategies for engineering controls in nanomaterial production and downstream handling processes*. 2013. Disponível em: <<http://www.cdc.gov>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

NOGUEIRA, p. F. M.; PAINO, I. M. M.; ZUCOLOTTI, V. Nanosilver: Propriedades, Aplicações e Impactos na Saúde Pública e Meio Ambiente. *Vigilância Sanitária em Debate*, v. 1, n. 4, p. 59-71, 2013.

OBERDÖRSTER, G.; OBERDÖRSTER, E.; OBERDÖRSTER, J. Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental Health Perspectives*, v. 113, n. 7, p. 823-839, 2005.

OSTIGUY, C. et al., *Best Practices Guidance for Nanomaterial Risk Management in the Workplace*. 2015. Disponível em: <<http://www.irsst.qc.ca>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

RADAIC, A. et al. Como estudar interações entre nanopartículas e sistemas biológicos. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1605-1609, 15 ago. 2016.

SHIN, S. et al. The effects of nano-silver on the proliferation and cytokine expression by peripheral blood mononuclear cells. *International Immunopharmacology*, v. 7, p. 1813-1818, 2007.

TEODORO, J. S. et al. Assessment of the toxicity of silver nanoparticles in vitro : A mitochondrial perspective. *Toxicology in Vitro*, v. 25, p. 664-670, 2011.

WEB OF SCIENCE. *Pesquisa Básica*. Disponível em: <<http://www.webofknowledge.com>>. Acesso em 01 de nov. de 2016.

A GOVERNANÇA DOS RISCOS LABORAIS DA NANOTECNOLOGIA E O MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL

Luís Renato Balbão Andrade *

Introdução

A despeito da crescente introdução de produtos que fazem uso de nanotecnologias no mercado (HARMELEN, 2016), os riscos ocupacionais gerados por estas novas substâncias e processos ainda são pouco estudados e, como consequência deste aparente descaso, são escassas as informações sobre eventuais consequências adversas, provocadas pelo uso destas novas tecnologias, para a saúde e segurança dos trabalhadores.

Neste contexto, diante da recente promulgação do novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil (MLCT&I), Lei Nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, entende-se pertinente que se faça uma reflexão sobre alguns aspetos atinentes aos possíveis impactos das nanotecnologias para a segurança e saúde no trabalho (SST).

Importante frisar que não são foco deste texto outro importante conjunto de riscos para o mundo do trabalho decorrentes da introdução de novas tecnologias, como é o caso dos riscos sociais, estes representados pelas alterações nos processos de produção que podem acarretar o fechamento de empresas e postos de trabalho, criação de novas exigências e controles sobre os trabalhadores entre tantos outros. Ainda que se argumente que o fechamento de postos de trabalho possa vir acompanhado da criação de outros distintos dos primeiros, há que se levar em conta a necessidade de adequação (qualificação/habilitação) da força de trabalho. Além disso, sobrevêm as mudanças estruturais nas relações de

* Doutor em Engenharia de Produção (UFRGS). Tecnologista Sênior da FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho e Emprego no Rio Grande do Sul (RS).

trabalho, como o já presente tele trabalho, por exemplo, que escapa, muitas vezes, do arcabouço legal hoje existente.

Governança dos riscos das nanotecnologias

Podemos entender que governança seja a maneira pela qual o poder é exercido implicando na capacidade de planejar, formular, programar políticas e cumprir funções de mando (ou de governo). Voltando o olhar para os riscos típicos para a SST, a governança poderá ser entendida como a capacidade de agir sobre os riscos (gestão de riscos) com intuito de eliminá-los ou mitigá-los a níveis que sejam social e individualmente aceitáveis.

Em se tratando de riscos laborais, para que seja possível obter a governança (gestão e controle) será necessário observar cinco etapas genéricas.

ETAPA 1 – Aceitar que existe risco

Esta etapa implica na necessidade de definir clara e objetivamente o risco, algo que num primeiro momento pode parecer simples, mas que o olhar mais atento revela ser ainda fonte de discussão. Como exemplo desta complexidade basta contrapor a literatura acadêmica sobre o tema. De um lado Donaldson e Poland (2013) colocam que “não há nenhuma evidência de que as partículas abaixo de 100nm, a definição de limite de uma NP, mostrar qualquer mudança radical no seu risco o que significa que não há nenhuma evidência da ideia de 'perigo nano específico'. Portanto, dados de toxicologia da partícula convencional são úteis e relevantes para a determinação do risco de nanopartículas”. Na outra extremidade um consórcio de instituições coloca que “no entanto, deve notar-se que existe uma incerteza em torno de se (alguns) nanomateriais podem ter mecanismos nano específico” (em relação à existência de um limite para toxicidade). Muitas vezes, é discutido em que grau os riscos das nanopartículas podem ser avaliados com base na toxicidade das substâncias normais; isto é, se os riscos das substâncias normais podem ser simplesmente dimensionados para a nanoforma tendo em conta o menor tamanho de partícula e os efeitos e comportamentos nano específicos” (STONE, 2009).

Apesar dos exemplos postos, é possível apontar que existe uma tendência pela segunda posição, ou seja, aquela que aponta que efetivamente existem riscos nanoespecíficos (ANDRADE, 2013).

É pertinente apontar que, em alguns casos, é necessário que se supere a tese da “necessidade de evidência” para que determinado risco seja considerado. Como exemplo se pode tomar a “questão do semáforo”. Não é raro que a justificativa para a não instalação de um semáforo de trânsito seja a falta de ocorrências de acidentes naquele local, ou seja, não existem evidências da necessidade do semáforo. Esta lógica remete que o semáforo só será instalado após a ocorrência de um ou mais de um acidente. Neste caso a falta de evidência não é comprovação da falta de risco e mais, a evidência (ocorrência de acidente) não deve nem mesmo ser desejada. Da mesma forma, não há que se aguardar a perda da saúde do trabalhador por conta das nanopartículas para que sejam tomadas providências em prol da prevenção e proteção de sua integridade física.

ETAPA 2 – Identificar as causas do risco

Uma vez que o risco tenha sido aceito e apontado, há a necessidade de que sejam identificadas as causas destes riscos, para logo na sequência se buscar a priorização destas causas em relação à sua importância. Esse ponto liga-se diretamente com a quinta etapa desta lista. Uma vez que as causas tenham sido priorizadas, o ataque a estas será distribuído no tempo, formando um processo sistêmico e contínuo (a melhoria contínua, destacada como etapa 5).

ETAPA 3 – Agir sobre as causas do risco

As ações sobre as causas dos riscos, visando minimizar estes riscos para aqueles expostos aos mesmos devem ser feitas de forma eficiente e eficaz sobre as mais importantes primeiramente e, em sequência, sobre as demais. Tais ações podem ser técnicas (de engenharia) e/ou organizacionais (de administração).

ETAPA 4 – Monitorar/auditar/avaliar

Com o objetivo de criar condições para que o processo crie um ciclo de melhoria contínua, se faz necessário medir (avaliar) os resultados obtidos pelas ações de eliminação ou mitigação dos riscos, definidas na etapa 3. Este controle deverá ser consistente e frequente, persistindo enquanto persistir o processo ou situação sob análise, isto é, enquanto houver o risco.

ETAPA 5 – Realimentar o processo

Fechando o ciclo, mas sem encerrá-lo, a melhoria contínua deve ser perseguida por meio da realimentação do processo.

Propostas para a governança dos riscos das nanotecnologias

A despeito da lacuna de informações sobre possíveis impactos das nanotecnologias sobre a segurança e saúde dos trabalhadores, bem como a falta de legislações específicas, a literatura já apresenta algumas propostas para a governança dos riscos laborais das nanotecnologias.

A seguir são listados 17 trabalhos categorizados em três grupos segundo o seu principal enfoque: grupo 1) enfoque estratégico que define de maneira geral “o que fazer” (a estratégia) e não “como fazer” (as ações); grupo 2) o enfoque metodológico que fornece além de estratégias um conjunto prático de medidas para o controle dos riscos advindos dos nanomateriais e, grupo 3) o enfoque pragmático que define prioritariamente “como fazer” (as ações). Neste último grupo temos as ferramentas apoiadas pelo enfoque de controle de bandas ou faixas (*Control Banding approaches*) (BROUWER, 2012).

Grupo 1 – Enfoque estratégico

- A risk management framework for the regulation of nanomaterials (TYSHENCO E KREWSKI, 2008).
- Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles (TSUJI, et.al. 2006).
- The Nano Risk Framework (DUPONT, 2007).
- Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales – ERNA (ANTON, 2009).

Grupo 2 – Enfoque metodológico

- Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles (AMOABEDINY, et.al. 2008).
- Safe Handling Nanomaterials – PD 6699-2:2007 (BRITISH STANDARDS, 2007).
- Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace (GERMANY, 2007).
- Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management (OSTEGUY, 2009)
- General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories (US, 2012).

- Sistemática de Ações de Segurança e Saúde no Trabalho para Laboratórios de Pesquisa com Atividades de Nanotecnologia (ANDRADE, 2013).

- Control Banding Tool for Nanoparticles (FRANCE, 2010).

Grupo 3 – Enfoque pragmático

- *CB Nanotool* (PAIK, 2008)

- *Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts – A Guide for Employers and Employees* (UNIÃO EUROPEIA, 2012).

- *Stoffenmanager Nano 1.0* (DUUREN-STUURMAN, 2012).

- *Precautionary matrix* (HÖK et al., 2011).

- *Nanosafes* (2011).

- *GoodNanoGuide* (2009).

Ainda em relação às propostas para governança dos riscos com nanomateriais, Ahn et. al. (2016), faz uma interessante abordagem de algumas propostas disponíveis nos Estados Unidos da América, analisando estes trabalhos sob o prisma dos princípios éticos para a condução das ações de SST.

Desta forma os textos foram analisados a partir de quatro princípios éticos, listados a seguir:

(1) *Autonomia* que inclui: o respeito pelas pessoas, priorizar as suas necessidades e preferências, a ação voluntária, o consentimento plenamente informado, o direito de recusa, entre outros.

(2) *Beneficência*: entendida como fazer o bem.

(3) *Não-maleficência*: entendida como não causar dano (não fazer mal).

(4) *Justiça distributiva*: entendida como a alocação igualitária entre riscos e benefícios.

Em SST (ou em relação aos riscos laborais) estes princípios podem ser traduzidos entre outros, como: a identificação e comunicação (para os trabalhadores) dos perigos e riscos envolvidos (i.e. o acesso à informação e a transparência); a aceitação voluntária, por parte dos trabalhadores, dos riscos ocupacionais com o consequente respeito ao direito de recusa

quando a atividade representar grave e eminente risco; a implementação de controles e gestão de riscos objetivando diminuir estes riscos ao mínimo aceitável e razoável; e a ativa e voluntária participação dos trabalhadores no processo de governança dos riscos ocupacionais.

Da análise empreendida os autores concluem que é necessário aumentar as pesquisas sobre a segurança dos nanomateriais, apontam ainda que a solução para a segurança dos trabalhadores passa pela participação destes no desenvolvimento da governança dos riscos laborais, tendo em conta que a experiência já mostrou que o engajamento é fundamental para adoção das regras e procedimentos de segurança.

Marco legal de ciência, tecnologia e inovação do Brasil (Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016)

Com o cenário posto, uma questão pode se impor: houve preocupação com relação aos riscos, impactos e implicações ocupacionais e sociais das novas tecnologias na definição deste novo marco legal?

Em resposta a este questionamento, empreendeu-se uma análise quantitativa do texto da Lei, executando-se uma contagem do número de citações de expressões e palavras no referido diploma legal. A tabela a seguir apresenta os resultados desta contagem. Como informação complementar cabe apontar que o texto analisado contém 6.464 palavras.

Tabela: Número de citações no texto legal

Palavra ou expressão	Número de citações encontradas
NANO	Total = 0 (zero)
SEGURANÇA	Total = 0 (zero)
SAÚDE	Total = 0 (zero)
PERIGO	Total = 0 (zero)
CUIDADO	Total = 0 (zero)
MEIO AMBIENTE	Total = 0 (zero)
RISCO	Total = 1 (uma) “risco tecnológico”
TRABALHO	Total = 3 (três) “plano de trabalho” = 2 “trabalhos executados no projeto” = 1
SOCIAL	Total = 7 (sete) 3 de “nosso interesse” e 4 sob outra perspectiva Com significado de “para a sociedade” = 3 “desenvolvimento econômico e social” = 1 “ambiente produtivo e social” = 1 “inclusão produtiva e social” = 1 Com significado de “composição de entidades jurídicas” = 4

	<p>“objetivo social ou estatutário” = 1 “capital social de empresas” = 2 “estatuto ou contrato social” = 1</p>
SOCIEDADE	<p>Total = 1 (uma) “disponibilização à sociedade e ao mercado” = 1</p>
DIREITO	<p>Total = 12 (doze) Sobre a composição de entidades jurídicas = 5 (cinco) “pessoa jurídica de direito privado” = 4 “A ICT de direito público” = 1 Sobre os direitos de propriedade ou de uso = 6 (seis) “outorga de direito de uso” = 2 “direito à exploração” = 1 “direitos de propriedade intelectual” = 1 “direitos sobre a criação” = 1 “recursos e direitos provenientes dos projetos” = 1 Outro (referindo-se ao servidor público) = 1 (uma) “mesmos direitos a vantagens” = 1</p>
DEVER	<p>Total = 0 (zero)</p>
PRODUTO	<p>Total = 15 (quinze) “produtos, serviços ou processos” = 8 “produtos ou processos inovadores” = 3 “produto ou processo com os mecanismos” = 1 “produtos para pesquisa e desenvolvimento” = 3</p>
COMPETITIVIDADE	<p>Total = 4 (quatro) “competitividade empresarial” = 1 “competitividade industrial” = 1 “aumento da competitividade e a interação entre as empresas” = 1 “maior competitividade das empresas” = 1</p>
COMPETITIVO	<p>Total = 0 (zero)</p>
COMPETIÇÃO	<p>Total = 0 (zero)</p>
RESPONSABILIDADE	<p>Total = 1 (uma) “..em seu próprio nome e sob sua inteira responsabilidade,..” (em relação aos direitos cedidos ao criador)</p>
PARTICIPAÇÃO	<p>Total = 12 (doze) Todos com significado de participação financeira “participação societária” = 4 “participação minoritária” = 1 “participação nos resultados” = 2 “participação no capital social” = 1 “participação referida no caput” = 1 “fundos de participação” = 1 “participação do ICT” = 1 “participação da fundação de apoio” = 1</p>
ÉTICA	<p>Total = 0 (zero)</p>
ÉTICO	<p>Total = 0 (zero)</p>

Conclusão

Embora possa ser temerário concluir sobre as intenções dos autores do texto da Lei, os números apresentados parecem indicar que não houve a preocupação expressa na questão posta anteriormente, qual seja a preocupação com os riscos, impactos e implicações ocupacionais e sociais das novas tecnologias em geral e das nanotecnologias em particular.

Para aqueles que labutam na área, embora frustrante a conclusão não chega a causar espanto. Questões ligadas a SST ou as implicações sociais no mundo do trabalho costumam “passar em branco” quando abordamos a produção das empresas, por mais paradoxal que pareça já que o trabalho é parte indissociável da produção.

Produtos e processos produtivos são tratados separadamente como se surgissem por geração espontânea e não da força, energia e envolvimento dos trabalhadores.

A lógica embutida no MLCT&I parece ser a de que o desenvolvimento tecnológico por si só trará também o desenvolvimento social. Esta relação linear, embora muito repetida, não apresenta mostras de que efetivamente ocorra. O simples desenvolvimento tecnológico não promoverá, necessariamente, ganhos sociais como equidade e justiça. Para isto, serão necessários esforços específicos.

Neste sentido, já em 1932, um dos maiores gênios da humanidade, Albert Einstein escreveu:

Mas a economia liberal não irá resolver automaticamente as próprias crises. Será preciso um conjunto de medidas harmoniosas vindas da comunidade, para realizar entre os homens uma justa repartição do trabalho e dos produtos de consumo. Sem isso, a população do país mais rico se asfixia. Como o trabalho necessário para as necessidades de todos diminuiu pelo aperfeiçoamento da tecnologia, o livre jogo das forças econômicas não consegue sozinho manter o equilíbrio que permita o emprego de todas as forças de trabalho. Uma regulamentação planejada e realista se impõe a fim de se utilizarem os progressos da tecnologia no interesse comum. (EINSTEIN, 1981)

Desta forma, esta legislação que “dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação” (BRASIL, 2016 – Lei Nº 13.243), pode eventualmente não promover o desenvolvimento social.

Se assim for o MLCT&I precisará ser revisto e rediscutido principalmente com aqueles que custeiam a pesquisa científica em nosso país, ou seja, aqueles que pagam os impostos já que praticamente a totalidade das pesquisas e desenvolvimento científico são pagos com recursos públicos.

Referências

AHN, J.J., KIM, Y., CORLEY, E.A., SCHEUFELE, D. A. Laboratory Safety and Nanotechnology Workers: an Analysis of Current Guidelines in the USA. *NanoEthics*, 2016.

AMOABEDINY, GH., NADERI, A., MALAKOOTIKHAH, J., KOOHI, MK., MORTAZAVI, SA., NADERI, M. AND RASHEDI, H. Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles. 2008. International Conference on safe production and use of nanomaterials – Nanosafe 2008. *Journal of Physics: Conference Series* 170 (2009).

ANDRADE, L.R.B. *Sistemática de Ações de Segurança e Saúde no Trabalho para Laboratórios de Pesquisa com Atividades de Nanotecnologia*. Tese de doutorado. UFRGS, 2013.

ANTON, J.M.N. La Nanotoxicología y la Evaluación del riesgo de las nanopartículas artificiales y la Salud. *Seguridad y Medio Ambiente*; 114, 6-16, 2009.

BRASIL, 2016. *Lei Nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016* – Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação.

BRITISH STANDARDS. PD6699-2:2007. Part 2: *Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials*.

BROUWER, D. H. Control Banding Approaches for Nanomaterials. *British Occupational Hygiene Society*. Ann. Occup. Hyg. vol. 56, n. 5, 506-514, 2012.

DONALDSON, K. POLAND, C.A. Nanotoxicity: Challenging the myth of nano-specific toxicity. *Current Opinion in Biotechnology*. Volume 24. Edição 4, p. 724-734, 2013.

DUPONT and ENVIRONMENTAL DEFENSE. *Nano Risk Framework*, 2007.

DUUREN-STUURMAN, B.V.; VINK, S.R., VERBIST, K.J.M., HEUSSEN, H. G. A., BROUWER, D.H., KROESE, D.E.D., NIFTRIK, M.F.J.V., TIELEMANS, E. AND FRANSMAN, W. Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritization of Airborne Manufactured Nano Objects.

British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg., vol. 56, no. 5, p. 525-541, 2012.

EINSTEIN, A. *Como vejo o mundo*. Tradução de H.P. Andrade, Editora Nova Fronteira. Citação da página 36, item “A América e a conferência do desarmamento em 1932”. 1981. Disponível em versão digital em: <<http://groups.google.com>>.

FRANCE – *French agency for food, environmental and occupational health & safety (ANSES)*. Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials – Report. 2010.

GERMANY (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA). *Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace*. 2007.

GOODNANOGUIDE. 2009. Disponível em: <<http://www.goodnano.org>>.

HARMELEN, T, ZONDERVAN-VAN DEN BEUKEN E.B., BROUWER D. KUIJPERS, E., FRANSMAN, W., BUIST, H., LIGTHART, T., HINCAPIÉ, I., HISCHIER R., LINKOV, I., NOWACK,B., STUDER,J., HILTY, L., SOM,C. LICARA nanoSCAN – A tool for the self-assessment of benefits and risks of nanoproducts. *Environment International*. Vol. 91, p. 150-160. 2016.

HÖCK J. et al. *Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials*. Federal Office of Public Health and Federal Office for the Environment, Berne(Swiss). Version 2.1. 2011.

NANOSAFER. 2011. Disponível em: <<http://nanosafer.i-bar.dk>>.

OSTIGUY, C., ROBERGE, B., MÉNARD, L., AND ENDO, C. *Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada, 2009.

PAIK, S.Y., ZALK, D.M. AND SWUSTE, p. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. *British Occupational Hygiene Society*. Ann. Occup. Hyg., vol. 52, no. 6, p. 419-428, 2008.

STONE, V. *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES)*. Edinburg Napier University; Institute of Occupational Medicine; Technical University of Denmark; Institute for Health and Consumer Protection of the European Commission’s; Joint Research Centre and Institute of Nanotechnology. 2009.

TSUJI, J. S., MAYNARD, A. D., HOWARD, p. C., JAMES, J. T., LAM, C., WARHEIT, D. B., AND SANTAMARIAK, A. B. FORUM SERIES Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. *Toxicological sciences*; 89(1), 42-50, 2006.

TYSHENCO, M. G. e KREWSKI, D. A risk management framework for the regulation of nanomaterials. *International Journal Nanotechnology*. vol 5, issue 1, 143-160, 2008.

UNIÃO EUROPEIA. *Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts* – A Guide for Employers and Employees. versão 4.2 – August, 2012.

US/ Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*. 2012.

GOVERNANCE NANO-TECNOLÓGICA Y CIUDADANÍA EN BRASIL Y ARGENTINA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO

Mauricio Berger*

Introducción¹

El presente trabajo propone una aproximación a un contexto de discusiones que conciernen asuntos de regulación y participación pública en el desarrollo de las nanotecnologías. En las coordenadas en las que la globalización del neoliberalismo hace de las innovaciones tecnológicas una transformación político- institucional una nueva era. En las distintas tendencias históricas de la acumulación del capital, los cambios tecnológicos han ido juntos de la mano de cambios a nivel de estructuras sociales y políticas. La particularidad del momento histórico de la globalización neoliberal, siguiendo a KJAER (2014), consiste en una profundización de la superposición de estructuras institucionales, de reglas y de tomas de decisión que ya no se fijan por las formas y fronteras soberanas institucionales del derecho y la ley público- estatal/ inter- estatal, sino que introducen nuevos mecanismos entre las que se encuentran las estrategias de coordinación abiertas; el gobierno por objetivos, la “comitología”, la responsabilidad social empresarial, las redes de coordinación transnacionales, la soft law o los códigos de conducta voluntarios y las directivas no obligatorias, entre otras (KJAER, 2010, p. 154). Podemos afirmar, junto a otros autores, que se difumina el ejercicio

* Doutor em Sociologia (Universidad de Buenos Aires). Professor do CONICET IIFAP UNC. Bolsista pos-doutorado – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET/ IIFAP FCS UNC.

¹ Una versión de este trabajo fue presentada en el panel Reflexões do ponto de vista das ciências sociais sobre a Governança dos Riscos da Nanotecnologia e as Correlações com Novo Marco de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil, en el marco del XIII Seminario Internacional de la Red Nanotecnologia Sociedad y Medio Ambiente. Agradezco al Prof. Reginaldo Pereira y al Prof. Paulo Martins y colegas de la RENANOSOMA por las enriquecedoras discusiones.

soberano estatal nacional basado en un orden internacional de Derechos Humanos, frente al avance de un capitalismo de redes, con nuevas segmentaciones de los flujos financieros y los centros de poder corporativos, es decir, bajo comando empresarial o en todo caso de tipo mixto, entre estado y corporaciones e instituciones transnacionales (HARDT; NEGRI, 2004), enmarcados en un orden de Lex Mercatoria².

El escenario en el que planteamos nuestro análisis entonces, es de dos paradigmas en tensión, uno que avanza sobre la protección de los derechos a la vida, la salud y el ambiente, con garantías básicas y vigencia del Principio Precautorio, y otro en el que se prioriza la libre circulación de mercancías en las que cualquier tipo de regulación- ambiental, laboral- no puede significar obstáculo alguno para el libre comercio o traba pararrancelaria, de tal modo que la mayor parte de los riesgos (en particular los socio- ambientales y financieros) se externalizan.

En dicho escenario, el trabajo propone un lente de aproximación al entramado de las redes institucionales, neocorporativas y de luchas en torno al incipiente desarrollo de las nanotecnologías en Brasil y Argentina. Nuestra investigación en curso, a través del análisis de diversas fuentes documentales y entrevistas a actores, pone el foco entonces en la emergencia de formatos organizacionales de toma de decisiones o consulta público-privadas y/o cuasi-privadas en paralelo a las estructuras representativas o burocráticas con una modalidad de actuación multi-escalar y multi-actoral, de representación corporativa o neocorporativa.

² La Lex Mercatoria puede ser comprendida como un orden “autónomo” del derecho comercial y de la regulación de inversiones, producción e intercambio comercial de tipo privado integubernamental, mixto, que impulsa un conjunto de reglas, contratos, inclusive jurisprudencia, mecanismos de arbitraje de conflictos en los procesos del comercio internacional, en un escenario cuyos actores preponderantes son corporaciones y organismos transnacionales como la OMC. Antecedentes: 1) la del Instituto Internacional para la Unificación del Derecho Privado de Roma- 1994 “Principios de los contratos comerciales internacionales”; 2) las “Reglas Internacionales para la Interpretación de los Términos Comerciales (Incoterms)”, de la Cámara de Comercio Internacional; 3) los trabajos y recomendaciones de la Comisión de Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (Uncitral), en la que participan el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial; 4) las negociaciones multilaterales, los acuerdos y decisiones que conforman a la Organización Mundial del Comercio (OMC), y el conjunto de políticas y directrices para el crecimiento económico y la colaboración de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (CERVANTES, citado en HERRERREÑO HERNANDEZ, 2015).

Nuestro interés en hacer reflexivas estas estructuras es aportar a pensar la metamorfosis del estado y de la protección de derechos a la salud, la vida, el ambiente frente a los impactos de los nuevos desarrollos tecnocientíficos, y junto con ello las transformaciones en el ejercicio de la ciudadanía.

¿Cuáles son las dinámicas de cambio y continuidad en torno a la definición de quién/es y cómo gobierna/n? ¿Cuáles sob los criterios de representatividad política y legitimidad democrática de tales decisiones? Respondemos provisoriamente a estos interrogantes con una hipótesis de trabajo: las distorsiones y la sustitución de los mecanismos democrático-representativos que se producen por la expansión de la governance (“comitología”, la “soft law”, la “responsabilidad social empresarial”, la negociación entre partes “stakeholders”), los cuales tienen como efecto la modulación de la estructura estatal moderna de la ley, los derechos y las garantías según las prerrogativas del poder dominante, y en dicho contexto, el ejercicio ciudadano enfrenta una serie de obstáculos para la conquista de derechos de participación.

Metodológicamente, nuestra investigación inicia por vías del análisis documental para identificar y delimitar los contextos de los procesos de (des)regulación de las nanotecnologías en la región, a través de la lectura de textos legales, de tratados internacionales, jurisprudencia, investigaciones académicas precedentes, documentos producidos por organizaciones de la sociedad civil, entre otras fuentes. Incluye también entrevistas semi-estructuradas y conversaciones con actores clave del sector científico, empresarial, activista y sindical y académico. Se destacan como insumos para la investigación, las presentaciones y discusiones en los seminarios de la Renanosoma, por reunir estos de forma presencial y virtual a los referentes a nivel global y de Brasil en temas de regulación y compromisos de organizaciones de la sociedad civil con una discusión pública sobre los fines, usos y destinos de las innovaciones nanotecnológicas.

El texto presenta en primer lugar un panorama de instituciones a escala transnacional, enmarcados en la noción de governance. En segundo lugar hace foco en algunos paisajes institucionales y normativos a escala de Brasil y Argentina. En tercer lugar, tras haber recorrido estas escalas transnacional y nacional, brindamos algunos elementos conceptuales para una discusión teórico- práctica.

Nano-governance a escala transnacional

En relación a los desarrollos nanotecnológicos que cobran impulso entre las décadas de los 90 y la primera del 2000, nos interesa señalar con Wullweber que estos desarrollos deberían analizarse trascendiendo las narrativas del progreso técnico y retomar elementos de una economía política de la producción para poder realizar una crítica (WULLWEBER, 2015). En este sentido, el autor apunta que en el caso de la nanotecnología, se trataría de una amplia estrategia para los estados industrializados en cuanto a criterios competitivos, que no debe ser entendida como una tecnología sino de forma más comprensiva de proyectos político, económico y tecnológico, como una estrategia de innovación tecno-socio-política, un *carrier force*, siguiendo al autor, para resolver problemas socioeconómicos, en un contexto de mercados de alta tecnología, de una economía “basada en el conocimiento” (las comillas son nuestras), y la presión de la competitividad internacional (WULLWEBER, 2015, p. 46). En contexto del capitalismo de redes al que referíamos previamente, los estados juegan un papel clave en la generación de capacidades innovadoras, competencias técnicas y transferencia de tecnología. En este contexto, el citado autor lee críticamente la narrativa de la nanotecnología en tanto que vocación hegemónica del modelo de la economía basada en el conocimiento para la reconstrucción de un estado competitivo. Nanomateriales, nanobiotecnología, nanomedicina, nanoelectrónica, nanotoxicología, etc., hacen a las promesas de nuevas formas para la detección y tratamiento de enfermedades, desarrollo de nuevas drogas, monitoramiento y protección del ambiente (p.ej. descontaminación del agua), producción y almacenamiento de agua, información incorporada (p. ej., plantas y semillas inteligentes) (WULLWEBER, 2015, p. 50).

Mientras estas narrativas del progreso se consolidan en la arena del discurso global de las nano, el campo de debates sobre la regulación de los desarrollos y sus diversos impactos recorre un camino similar, y más desestructurado aún, que el de las biotecnologías (DAVID; THOMPSON, 2008). Pero en lo que refiere a regulación, es aún más desestructurado, o tal vez, estructurado de una nueva forma que habremos de estudiar.

El cuadro de dispersión normativa sobre remite a un conjunto de directrices y recomendaciones de los estados y organismos supranacionales, o bien códigos de conducta por parte de las empresas. No hay a nivel Naciones Unidas un Protocolo o Acuerdos Específicos, excepto por la plataforma. Los países centrales que comandan instrucciones en el área tienen posicionamientos similares a los de la regulación de las

agrobiotecnologías, entre una posición más controladora orientada por el principio precautorio, y una posición de regulación mínima basada en estricta evidencia científica.

La Conferencia Internacional para el manejo de Químicos³ adoptó un marco de políticas para la manipulación de químicos, y propuso un enfoque estratégico, el *strategic approach international chemical management* desarrollado por un comité preparatorio multiactoral y sectorial (gobiernos, organizaciones inter-gubernamentales, Industria y organizaciones de la sociedad civil) que persigue el alcance de metas del Acuerdo de Desarrollo Sustentable de la Conferencia de Johannesburgo en 2002, para minimizar hacia el 2020 los impactos adversos significativos para el ambiente y la salud humana.

La Organización de Estados para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) también es un organismo internacional que establece normas de seguridad y exige el sondeo de los gobiernos miembros sobre estudios de rutas de exposición a lo largo de su ciclo vital, recomendaciones para comercializar productos nano con datos para proteger la salud y el ambiente.

A través de su Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN), la OECD establece una base de datos internacional para informar y evaluar riesgos, estándares para la evaluación de nanotoxicidad, programas voluntarios para la cooperación en temas de investigación y regulación, no sólo con los países miembros y asociados, sino también con las agencias internacionales que establecen estándares sanitarios y ambientales como la FAO y la OMS (OECD, 2007).

La Agencia Europea que regula la industria química a nivel comunitario, la European Chemical Agency – Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals – provee directivas y recomendaciones conformando un cuadro legislativo comunitario en materia de sustancias químicas, crea una agencia europea, establece regulaciones para el etiquetado y embalaje, clasificación de su peligro para el ambiente, la salud, es decir las características toxicológicas de los nanomateriales (EUROPEAN COMMISSION, 2008). La iniciativa NANOREG,

³ Disponible em: <<http://www.saicm.org>>.

también desde la Comunidad Europea, es tal vez uno de los principales modelos globales de intención de construir un marco normativo⁴.

En Estados Unidos, la Food and Drug Administration no establece normativas claras en torno a este tema, emite algunas orientaciones para productos, consejos voluntarios a la industria a través de un center for food safety inventory, pocos estudios sobre bioacumulación pocos estudios sobre efectos gastrointestinales. Por su parte la EPA establece programas voluntarios para que las empresas que manipulan nanomateriales, las empresas son invitadas a presentar información, mismo así otros programas voluntarios y códigos de conducta para investigaciones responsables en nanociencias y nanotecnologías⁵, algunos de estos similares a los de la Comunidad Europea, para la sustentabilidad, precaución, la innovación y la excelencia.

Programas privados de autoregulación a cargo de grandes empresas BASF, su código de conducta en nanotecnología, o el Marco de Gestión de Riesgos de DuPont son algunos ejemplos para citar (DUPONT; ENVIRONMENTAL DEFENSE, 2007). Junto con estas, un protagonismo de relevancia a nivel global lo constituye la Organización de la International Standards Organization (ISO) que propone un orden normativo basado en la aseguramiento de buenas prácticas y certificación de calidad, organismo que crea ya en 2005 su programa ISO TC 229 con el objetivo de normalizar el uso de nanotecnologías en aspectos que hacen al control de la materia y sus propiedades físico-químicas en escala nanométrica, definiendo términos, nomenclaturas, metodologías y modelos de pruebas, clasificación y etiquetado, principios de seguridad en el ámbito laboral, sustentabilidad y buenas prácticas y gerenciamiento del riesgo (ISO, 2011).

⁴ Disponible en: <<http://nanoreg.eu>>. Los objetivos de esta plataforma internacional con base en la Comunidad Europea son: 1. Proveer a los legisladores de un set de herramientas para la evaluación del riesgo e instrumentos para la toma de decisiones en el corto y mediano plazo, reuniendo datos y evaluaciones piloto de riesgos como monitoreamiento y control de exposición de un selecto número de nanomateriales utilizados en productos. 2. Desarrollar a largo plazo nuevas estrategias de testeo adaptadas al alto número de nanomateriales con impacto ambiental y sanitario. 3. Establecer una colaboración próxima entre las autoridades y la industria en relación al conocimiento requerido para una apropiada evaluación del riesgo y crear las bases para enfoques comunes y mutuamente aceptables de prácticas de administración del riesgo.

⁵ Disponible en: <<https://www.epa.gov>>.

En síntesis, podemos referir a un entramado multi-escalar/ actoral/ sectorial/ funcional de instituciones públicas y privadas que emiten recomendaciones, directivas y en algunos pocos casos normativa específica en forma de ley, acuerdos, programas de autoregulación por las propias empresas, que se debaten entre una regulación mínima que no constituya obstáculos al libre comercio y al desarrollo industrial, y otra que a través del reforzamiento de controles, normativas para el etiquetado y la protección de la salud de los trabajadores y de los consumidores intenta sostener un marco de garantías de derechos.

En este último sentido se destaca una iniciativa articulada por organizaciones como el International Center for Technology Assessment (Centro Internacional para la evaluación de tecnología) y Amigos de la Tierra Internacional, que ya en el año 2007 organizaron un encuentro con diversas organizaciones de la sociedad civil para debatir y formular principios fundamentales para la evaluación y supervisión de las nanotecnologías. El proyecto que dio en llamarse NanoAction, formuló un documento de libre acceso afirmando una política de precaución y reclamando la adopción de políticas y mecanismos nanoespecíficos para la protección de la salud pública, consumidor y trabajadores, con énfasis en medidas que salvaguarden el medio ambiente, y protocolos críticos para la evaluación del riesgo (NANOACTION, 2007). La promoción de la discusión pública sobre los impactos de la nanotecnología, siguiendo el documento de NanoAction, debe incluir también la consideración de amplios y extendidos impactos, hasta la responsabilidad del productor por los residuos de los productos con nanotecnologías⁶.

Una lente de aproximación a escala nacional: brasil y argentina

Brasil

En Brasil hacia el año 2000 el Ministerio de Ciencia y Tecnología comienza el financiamiento de la investigación en nanotecnología con el auspicio de 4 redes, y en 2004 incorpora un programa específico para el desarrollo de las nano en el Plan Plurianual de Ciencia y Tecnología, posteriormente ampliado con el lanzamiento del Programa Nacional de

⁶ Para acceder al documento completo: <<http://www.centerforfoodsafety.org>>.

Nanotecnología. El financiamiento de las asociaciones universidad-empresa, la creación y actualización de laboratorios, calificación de RRHH y proyectos de incubadoras de empresas nanotec fueron las actividades iniciales. Hacia 2010, 10 redes cooperativas ya contaban con financiamiento y otras 20 estaban siendo promovidas, llegando a contar en la actualidad con más de 50 centros de investigación, 1200 investigadores y 150 empresas que desarrollan o aplican nanotecnología (DOS SANTOS, 2013).

Hacia el 2012 la creación del Comité Interministerial de Nanotecnología (CIN) otorga un estatuto de jerarquía y una estructura de governance y ejecución que coordina a los distintos ministerios: Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, Defensa, Desarrollo, Industria y Comercio Exterior, Trabajo, Educación, Medio Ambiente, Minería y Energía, Salud, coordinados por el Ministerio de Ciencia. El CIN tiene por finalidad asesorar a los ministerios en la integración de gestión, coordinación y elaboración de políticas, directrices y acciones para el desarrollo de las nanotecnologías en Brasil. Entre sus atribuciones, le corresponde al CIN proponer mecanismos de acompañamiento y evaluación de actividades en el área, formular recomendaciones de planes, programas, metas y acciones para consolidar la evolución de las nanotecnologías, indicando las potenciales fuentes de financiamiento y los recursos para apoyar proyectos de investigación, desarrollo e innovación⁷.

Una importante acción del CIN fue su adhesión al proyecto europeo NANOREG, que impulsa una regulación internacional en nanotecnología, que coordina organismos gubernamentales y científicos de 64 países, un proyecto global que busca sentar las bases técnicas y científicas para las cuestiones relativas a regulación, estructura ligada la OECD, la ISO y la ECHA.

En relación otra de las principales acciones promovidas por el CIN se cuenta su programa de política pública y acciones estratégicas que ha formado el SIS NANO sistema nacional de laboratorios de nanotec, para empresas. Con el objetivo de aumentar la interacción entre investigadores brasileiros que realizan investigación básica y avanzada, para fortalecer un área estratégica para el desarrollo industrial y la promoción de soluciones en materia de alimentación y medicamentos. Se pretende en este sentido, que el SisNano estructure la gobernabilidad de las nanotecnologías mediante un

⁷ Fuente: Portaria interministerial n. 510, de 9 de julho de 2012.

programa de movilización de empresas radicadas en Brasil, optimizando para ello la infraestructura de los laboratorios e institutos de ciencia y tecnología, entre otros objetivos.

Un punto importante en relación a dar cuenta del avance de estas estructuras institucionales en relación a la elaboración de ley como baluarte del estado moderno, es el debate parlamentario en torno a la regulación de las nanotecnologías. Dos proyectos de ley elaborados por el diputado Sarney Filho fueron discutidos en audiencias públicas. El primero de ellos para establecer una Política Nacional de Nanotecnología, para el que se recupera en primer lugar la idea de un poder público que controle los riesgos e impactos relacionados al sector. Rechazada por especialistas en nanotecnología, como el Dr. Galembek, director de SISNANO, como simplificadora e incompleta⁸ la principal objeción es la restricción a la innovación que generaría el registro nacional de proyectos de investigación, desarrollo, producción y comercialización (otro proyecto apuntaba al etiquetado de productos con nanotecnología), y un “exceso de reglas” que reduciría el potencial competitivo del país, “una parálisis en un momento en que el país necesita mucha acción”⁹. Por su parte el subsecretario de Unidades de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Adalberto Fazzio sostiene que la iniciativa regulatoria debe conciliar intereses de la industria, los científicos y los consumidores.

Cabe señalar que buena parte del asesoramiento para dichos proyectos de ley, así como posiciones que alentaron el debate público en dicha audiencia legislativa contaron con la participación de académicos y organizaciones sindicales y de la sociedad civil. Las mismas contribuyen a hacer reflexivos estos desarrollos, alertando sobre la falta de estudios sobre sus impactos sanitarios y ambientales, así como de la ausencia de una discusión sobre participación pública que exceda la mera divulgación científica, surgen experiencias de asociación entre diversos actores que ya vienen de luchas ambientales, algunos de estos inspirados en la lucha contra los agrotóxicos, la liberación de transgénicos y el uso masivo de agrotóxicos.

⁸ Declaraciones del Prof. experto en nanotecnología, Dr. Galembek. Disponible en: <<http://nanolei.blogspot.com.br>>.

⁹ *Ib idem*. Resulta interesante destacar las palabras del representante Átila (Lira PSB-PI): “Não vamos mais fazer projetos de lei aqui sem esgotar a questão científica; quando se cria um marco legal já se cria um caminho, e a liberdade é não ter caminhos”.

Resaltamos en esta tarea la creación y trayectoria de la Red Nanotecnología, Sociedad y Ambiente (RENANOSOMA), en 2003, a partir de un encuentro de redes del Foro Social Mundial, en particular los trabajos del ETC GROUP, que permitió enmarcar el estudio crítico de las nanotecnologías, y desde entonces alentar una serie de encuentros, seminarios, talleres, programas de TV y otros materiales de difusión (MARTINS, 2014). Esta red de prácticas al promover el debate público instalan otros marcos conceptuales que desafían aquella linealidad del discurso de la innovación y la competitividad (MARTINS, 2014).

Además de su importante producción de información en más de 10 años de funcionamiento, la interacción de esta red con actores sindicales en Brasil ha sido clave para actualizar la lucha de los trabajadores por condiciones de salud laboral. En escala internacional la organización regional interamericana de trabajadores (ORIT) junto con un grupo de organizaciones de la sociedad civil, de interés público y otras entidades sindicales establecieron una plataforma sobre principios para la fiscalización de nanotecnologías y nanomateriales. En Brasil, la Central Única de Trabajadores y la Unión General de Trabajadores entidades sindicales que con la cooperación del Departamento Intersindical de Estadística y Estudios Socioeconómicos publicaron un material de posicionamiento sobre los impactos éticos, sociales y ambientales de la introducción de nanotecnologías en los alimentos, productos y procesos productivos. Reflejando no sólo las preocupaciones con respecto a la salud de los trabajadores y trabajadoras sino también sus condiciones laborales, transformaciones económicas más amplias y herramientas para la capacitación. Fue la Confederación Nacional del ramo químico de la CUT (CNQ/ CUT), que en 2007 en un congreso discute estas preocupaciones exigiendo una reglamentación específica en torno a los patrones y estándares de exposición, estudios ecotoxicológicos, llegando a lograr la primera negociación con la industria farmacéutica (IIEP, 2015). En el 2009 un grupo de trabajo formado por la patronal SINDUSFARMA sindicato de la industria farmacéutica en el Estado de São Paulo, y fetquim/fequimfar, como asociación de trabajadores, introdujeron la discusión sobre la nanotecnología a través de debates, talleres y un seminario con el instituto de química de la Universidad de São Paulo y FUNDACENTRO que dio un marco de posibilidad para las negociaciones que incorporaron cláusulas de recomendación en el convenio colectivo, referida a la promoción de iniciativas conjuntas para la información de los trabajadores sobre la incorporación de nuevas tecnologías, los posibles riesgos a la salud de los trabajadores y las medidas de protección. En 2012 se incorpora

explícitamente un término al convenio colectivo de trabajo por el cual la empresa garantiza a los miembros de la comisión interna de prevención de accidentes y salud del trabajo que sean informados cuando se utilice nanotecnología en el proceso industrial. A partir de ese momento la discusión sindical se amplía a otras ramas de la industria para su homologación (IEEP, 2015, p. 68s).

Argentina

En relación al emergente campo de las nanotecnologías en Argentina, recién a partir del 2003 las nanotecnologías son consideradas como un área prioritaria de financiamiento por la Secretaría de Ciencia y Técnica. La Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)¹⁰, creada en 2005 por decreto presidencial como persona de derecho privado, primeramente dentro del Ministerio de Economía, luego en el Ministerio de Ciencia y Técnica, con el objetivo de fomentar la generación de valor agregado de la producción nacional, para el consumo del mercado interno, y para la inserción de la industria en los mercados internacionales. Los mentores conciben el desarrollo de la nanotecnología en función de la actualización y crecimiento de la matriz productiva argentina, al servicio de las necesidades fundamentales del país, y aceptando el desafío de competir en el mercado global a partir de las ventajas comparativas que nuestro país tiene para ofrecer productos de alta tecnología que observen los más altos niveles de calidad¹¹. Desde este marco desarrolla diversas actividades orientadas al fortalecimiento de iniciativas de investigación y su aplicación- vinculación empresarial: Programa Incubación de Empresas (Etapa “Pre Semilla”), Programa “Encuentros Nanotecnología para la Industria y la Sociedad”, Concurso “Nanotecnólogos por un día”, Encuentro Bional “Nanomercosur”, NanoPymes, entre otros¹².

Estimulando las buenas prácticas y recomendaciones, certificaciones de calidad, el desarrollo de las nanotecnologías apunta a la producción de cadenas de valor, y a la creación de redes de cooperación bilaterales y regionales. Por otra parte promueve redes de investigación financiadas por

¹⁰ Disponible en: <<http://www.fan.org.ar>>.

¹¹ Cita de editorial de Jorge Zaccagnini, en Revista Mi Club Tecnológico, 2da época, N°263, p. 5, Agosto- Octubre 2015.

¹² Disponible en: <<http://www.fan.org.ar/acciones>>.

fondos públicos, en universidades y centros de investigación estatales, dado que la nanotecnología junto con la biotecnología son traccionadoras de la innovación y del desarrollo socioeconómico, en Argentina el plan Argentina Innovadora 2020¹³. “El desafío de nuestro país, como en el resto del mundo, radica en poder transferir al mercado los conocimientos generados por la estructura científica para aumentar la competitividad industrial y agregar valor a la producción nacional”¹⁴.

El plan Argentina Innovadora no es sino la introducción del marco analítico de los Sistemas Nacionales de Innovación, cuyos rasgos distintivos son la financiación de grupos de I+D y la tendencia a incrementar conexiones con el sector empresario a fin de actualizar y fortalecer las capacidades industriales nacionales (VILA SEOANE, 2014).

En la edición 2015 de Nanomercosur cuyo lema fue “Hacia la consolidación de la Nanotecnología”, el objetivo de las conferencias fue discutir las barreras de ingreso a los mercados y las posibilidades de las nano en los procesos productivos, proponiendo avanzar en vinculaciones estratégicas para posibilidades de inversión con eje en el aprovechamiento de nuestros recursos y capacidades técnicas, la inversión en nanotec debe estar íntimamente ligada a las necesidades de la industria, de modo que el éxito del sistema nacional de innovación se enfoque en la producción para aumentar el valor agregado” (...) Hay casos de transferencia y hay casos que se autogeneran productos. No necesitamos llamarnos a nosotros como intermediarios” (...) “El científico es capaz de pensar en conceptos muy abstractos, pero necesitamos un ingeniero cuyo mayor éxito en su carrera profesional es que algo salga andando. Para un científico, tanto si el experimento da mal o bien, los dos casos son un éxito, pero no pasa de ahí por ése es su objetivo. Entonces tenemos que buscar una “raza” de profesionales, que son los ingenieros, cuyo objetivo sea concretizar productos funcionando y puesto en el mercado”¹⁵.

Una iniciativa reciente es la conformación del Centro Argentino-Brasileño de Nanociencias y Nanotecnología (CABNN) como producto de la

¹³ Disponible en: <<http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar>>.

¹⁴ Cita de nota de Andres Poleri, Responsable del Programa Nanotecnología e Industria. Fuente: Revista Mi Club Tecnológico, 2da época, N°263, p. 20, Agosto-Octubre 2015.

¹⁵ Entrevista a Daniel Lupi, presidente de la FAN. Fuente: Revista Mi Club Tecnológico, 2da época, N°263, p. 20, Agosto- Octubre 2015.

cooperación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Argentina y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil. Sus acciones incluyen: formación de recursos humanos; intercambio de profesores e investigadores; coordinación de redes nacionales de Nanociencias y Nanotecnologías; y constitución de grupos de trabajo mixtos con empresas para identificar nichos del mercado, productos y desarrollos. Es un ente de coordinación binacional en el cual se integran grupos de investigación, redes de nanociencia y nanotecnología, y empresas de Argentina y Brasil, con el fin de apoyar la investigación científico-tecnológica en el área y perfeccionar los recursos humanos y científicos de ambos países.

Otras iniciativas importantes son las llevadas a cabo por el INTI y el INTA, quienes unieron su experiencia, esfuerzos y visiones para avanzar en la consolidación de un espacio de trabajo, capacitación y difusión de la Nanotecnología y sus aplicaciones en los diversos eslabones que conforman las cadenas de valor agroindustriales y de agroalimentos. Como resultado de ese trabajo se realizó la primera Jornada Internacional de Nanotecnología en Agroindustrias y Agroalimentos y el proyecto de la primer Escuela de Nanotecnología en agroindustria y agroalimentos, dirigida a profesionales ciencias agrarias y veterinarias, ciencias exactas, naturales, ingenierías, farmacia y bioquímica y tecnologías de los alimentos, entre cuyos contenidos introductorios a las nano se encuentran las Cadenas de valor agroindustrial y agroalimentaria, Nanomateriales para la agroindustria, Sistemas de liberación controlada y Aspectos regulatorios

Por último, en otro ámbito de la administración pública, se ha creado recientemente un observatorio sobre nanotecnología y salud de los trabajadores en el ámbito de la Secretaría de Riesgos del Trabajo¹⁶, con el objetivo lograr la articulación entre los diferentes actores que participan en el desarrollo de la nanociencia y nanotecnología, se encargará de difundir información sobre las investigaciones vinculadas al desarrollo de nuevos procesos de nanomateriales, de procesos nanotecnológicos y de eventos sobre nanoseguridad, nanotecnología y nanotoxicidad. Según anuncia la página oficial, el observatorio programará encuentros para promover la incorporación del concepto de nanoseguridad en los laboratorios de nanociencia, en los procesos productivos como el almacenamiento y

¹⁶ Disponible en: <<http://www.srt.gob.ar>>.

transporte de nanomateriales y difundirá conocimientos sobre los métodos de evaluación de riesgo químico para nanomateriales.

A nivel de iniciativas legislativas en el sector, el Proyecto de Ley Marco para el Plan Nacional estratégico de desarrollo de micro y nanotecnologías¹⁷ no llegó siquiera a tener una instancia de audiencia pública. El proyecto de ley establece requisitos mínimos que orientan la definición de la política en el área: identificar el tipo de micro y nanotecnologías que desde un punto de vista estratégico será más conveniente introducir y desarrollar en el mercado, de acuerdo a las ventajas competitivas que potencialmente pueda disponer nuestro país durante las próximas décadas; identificar los grupos de investigación y desarrollo que muestren capacidad para desarrollar investigaciones aplicadas al desarrollo de productos de micro y nanotecnologías; identificar aquellos grupos de investigación y desarrollo con capacidad de transferir al sistema productivo nacional innovaciones y productos de micro y nanotecnologías que puedan comercializarse en el mercado nacional e internacional; diseñar estrategias para la promoción de incubación de nuevas empresas de capital nacional, con la capacidad de producir y comercializar micro y nanotecnologías desarrolladas en nuestro país; diseñar y proponer alianzas estratégicas con empresas nacionales e internacionales para el desarrollo, patentamiento, transferencia y comercialización de productos de micro y nanotecnologías; Diseñar y proponer estrategias para la promoción crediticia e impositiva que estimulen el establecimiento de empresas de origen nacional que desarrollen, fabriquen y comercialicen micro y nanotecnologías; Crear mecanismos que apoyen y estimulen el patentamiento nacional e internacional de productos de micro y nanotecnologías desarrollados en el país.

En cuanto a la movilización de la sociedad civil y sectores académicos y sindicales, es notoria la diferencia con Brasil. Más allá de que el desarrollo de la nanotecnología en Argentina es incipiente en relación al vecino país, no sólo en lo referido al aspecto tecnocientífico, sino también al desarrollo institucional, de políticas, es escasa la discusión de actores potencialmente afectados. Podemos traer a colación el caso de la biotecnología, en un contexto en el que tampoco se ha debatido formalmente en el parlamento una ley sobre bioseguridad de organismos genéticamente modificados,

¹⁷ Disponible en: <<http://www.hcdn.gov.ar>>.

puesto que Argentina no ratificó el Protocolo de Cartagena y sus indicaciones de adecuar legislaciones nacionales para la protección de la biodiversidad. Tal vez por esta experiencia, que también marca una diferencia con lo sucedido en Brasil respecto de la tematización pública de los efectos de los OGM, haya un bloqueo para un debate público informado, en un país como Argentina, con una cultura política de movilización ciudadana en la que sin embargo persisten serios obstáculos para una discusión pública sobre temas de política científica-tecnológica.

Discusión: ¿una política sin sistema o un sistema sin política?

Luego de haber recorrido panorámicamente las escalas global y nacionales en los casos de Argentina y Brasil, nos interesa a continuación traer algunos elementos conceptuales para el análisis. La identificación de la noción de *governance* como clave tiene que ver parte de la literatura revisada da cuenta de que se trata de una función sistémica. Las discusiones sobre la *governance* parten de hacer reflexiva la coexistencia y/o colisión de distintos órdenes normativos, de distintas expectativas e impulsos constituyentes, en una dinámica de orden y ruptura, cambio o continuidad en torno a la definición de quién/es y cómo gobierna/n, con qué criterios de representatividad política y con qué legitimidad democrática. En este marco recuperamos algunos aportes del campo de estudios socio-legales críticos y sistémicos para abordar estas complejas interacciones y transiciones entre estructuras de poder con conceptos como la multiplicidad de órdenes normativos y desarrollos que visibilizan la diferenciación funcional, cultural, territorial y jurídica de estructuras estatales y transnacionales contemporáneas (TEUBNER, 2010; KJAER, 2014; FONSECA; SANTOS PEREIRA, 2014).

Poul Kjaer (2010) profundiza el análisis del “desorden de órdenes normativos” ocasionado por la superposición de estructuras institucionales, de reglas y de tomas de decisión que ya no se fijan por las formas y fronteras institucionales del derecho y la ley público- estatal/ inter- estatal, e introducen nuevos mecanismos entre las que se encuentran las estrategias de coordinación abiertas; el gobierno por objetivos, la “comitología”, la responsabilidad social empresarial, las redes de coordinación transnacionales, y otros conceptos afines de los que dan cuenta teorías actuales tales como coordinación reflexiva, *soft law*, experimentalismo democrático, supranacionalismo deliberativo y regulación gestionada” (KJAER, 2010: 154). La postulación de que el Estado es solo una forma de ordenamiento entre otros, para el autor, es el punto de partida para

comprender por qué ha emergido el fenómeno de la *governance* y cuál es la función de sus estructuras inter-jerárquicas e inter-contextuales que compatibilizan un doble objetivo: fungir simultáneamente como zonas de freno y correas de transmisión entre órdenes normativos desdibujando formas verticales tradicionales de configuración organizacional, control y sanción (KJAER, 2010: 156). La matriz compleja de la *governance* sobrepasa organización política territorialmente delimitada, lo cual conduce a una sistemática incertidumbre en relación a qué es lo colectivo en la toma de decisiones hacia la que se orientan las estructuras transnacionales, generando un “hibrido dentro de un hibrido” (KJAER, 2010b). En estos acoplamientos de actores y redes se trascienden las vías de conflictos horizontales y verticales de la sociedad mundial produciendo integración sistémica “equivalentes funcionales del tipo de estructuras (neo) corporativas” (KJAER, 2014). Estas estructuras avanzan sobre el sentido de conceptos como esfera pública, representatividad, y de cómo los sustituyen por los de grupos de interés (stakeholders), un conjunto institucionalizado de actores que ostentan el estatuto de partes afectadas que participan de procesos de toma de decisión a la vez que fungen de destinatarios de tales decisiones.

Este escenario ha sido analizado críticamente por su fragmentación, diferenciación funcional y autoreferencia de los sistemas y epistemes sociales (TEUBNER, 2010), que genera una serie de problemas no sólo para la reflexión científica sino fundamentalmente para la actualización del ejercicio ciudadano. ¿Cómo puede reconstruirse teórica – y empíricamente – la interconexión, interferencia de estos subsistemas normativos y regulativos, con los de la participación ciudadana que defiende derechos?

Con resonancias luhmanianas para pensar la complejidad de los sistemas y la funcionalidad del sistema político, el aumento cuantitativo de los elementos que aumentan en forma geométrica de posibles relaciones determina que el sistema se vea obligado a seleccionar la forma en la que se deberían relacionar tales elementos, en este caso entre los subsistemas del derecho, la administración, el mercado, la ciencia (LUHMANN, 2009).

Redes de activistas, expertos y académicos agudizan sus esfuerzos de tematización, apuntando a lugares clave que pueden abrir el discurso político. No se trataría de equiparar el saber de ciudadanos “legos” con la expertise científica, sino activar dispositivos de autoreflexión democráticos sobre las nanociencias y nanotecnologías, respecto de sus propias expectativas, presupuestos y visiones (PATENAUDE et al., 2015).

Construir las condiciones para el ejercicio de una ciudadanía de nuevo tipo no solo nos plantea el desafío de las capacidades sino de estrategias y creatividad de formas de participación que superen los programas de divulgación científica o popularización de la ciencia, sino una formación que habilite la discusión informada sobre cuestiones como control, acceso a los beneficios, derechos del consumidor, regímenes normativos participativo, financiamiento público participativo para la investigación y aplicación, entre otros (THOREAU; DELVENNE, 2012).

En tal sentido, el debate legislativo otorga un criterio básico de publicidad y legitimidad democrática a estas cuestiones, aunque por cierto no lo agota. La afirmación de Engelman que el hecho jurídico puede ser construido con independencia del poder legislativo en el marco de una teoría no normativista de la decisión jurídica, abona una explicación reflexiva de ésta última, desde una teoría del conocimiento de corte constructivista (ENGELMANN, 2012, p. 320) y argumenta que el estudio de la legitimidad no necesariamente tiene que estar vinculado a una visión formalista del derecho, sino otra que esté abierta al pluralismo resultante de una globalización policéntrica, que dé cuenta tanto de los marcos legislativos de los estados, como del orden internacional de los DDHH, la autoregulación empresarial (ENGELMANN, 2012). La concepción de governance aquí, entendida como esquema regulatorio que no se basa exclusivamente en la acción de gobierno sino como procesos de coordinación entre diferentes actores públicos y privados, promovería entonces un equilibrio entre hard y soft law en el modo más resiliente, flexible y participativo posible (ALDROVANDI et al., 2014, p. 78).

Por otro lado, nos hacemos eco también de las reflexiones de Pereira en la insistencia, más allá de los “mitos” fundacionales de políticas nacionales de algunas leyes, en un marco de ley que dé cuenta de todos los aspectos complejos que implica un debate democrático sobre ciencia, técnica, tecnología y políticas de innovación (PEREIRA; MEDEIROS, 2015; BELLON; PEREIRA, 2016). Si bien asume que las respuestas jurídicas oscilan entre tentativas de precaución fuerte, débil o sin precaución, regulación estatal o autoregulación, Pereira alerta también que el derecho no puede estar basado solamente en la técnica, sino que por su carácter de arte narrativo éste permite elaborar respuestas no técnicas para cuestiones técnicas. La constitucionalización de las diversas áreas del derecho hace que la voluntad política acabe teniendo preeminencia mitigando el predominio de la técnica sobre el derecho (PEREIRA; WINCKLER, 2016), y nos preguntamos, haciéndonos eco de las reflexiones de Pereira, sobre las

posibilidades de politizar la discusión, por ejemplo, colocando en debate cuáles deberían ser las interfaces de una política regulatoria en materia de ciencia, técnica e innovación: el desarrollo sustentable y responsable, la participación ciudadana, la minimización de los impactos negativos, la disminución de las desigualdades, las alternativas de tecnología social, entre otros¹⁸.

La política- sin reducir su polisemia- considerada como una práctica y un procedimiento central para la creación, fundamentación y puesta en juego de las decisiones que vinculan colectivamente pareciera mutar frente a la creciente complejidad y aparente erosión e inseguridad del menoscabado modelo de la deliberación pública y la autoridad de los poderes públicos. Estos últimos necesitan actualizarse a las coordenadas tecnocientíficas de la globalización, tarea que ya no tenemos por delante, sino inexorablemente de frente.

Referências

ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton, Von Hohendorff, Raquel e ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologías aplicadas aos alimentos: construindo modelos jurídicos fundados no principio de precaução. En MAGNO da SILVA, Tania, WAISSMANN, WILLIAM. *Nanotecnologias. Alimentacao e Biocombustiveis*. Um olhar transdisciplinar. Aracaju, Editora Criacao, 2014.

BELLON, Carla; PEREIRA, Reginaldo. Conceitos básicos e premissas da variável ambiental do Estado Democrático de Direito como elementos de uma regulamentação nanoespecífica. En PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER, Silvana e TEIXEIRA, Markus (ORGS.). *Cidadania e Controle Social na governanca da nanotecnologia*. Sao Leopoldo: Karywa, 2016.

DAVID, Kenneth; THOMPSON, Paul (eds.). *What can Nanotechnology Learn from Biotechnology? Social and Ethical Lessons for Nanoscience from the Debate around Agrifood Biotechnology and GMOs*, Elsevier. 2008.

Depoliticisation and engagement in the case of nanotechnologies. *Politica & Sociedade*. Florianópolis. Volume 11, Nº 20, abril de 2012.

¹⁸ Fuente: fragmentos de la palestra del Prof. Reginaldo Pereira en el XIII Seminariosoma, UnoChapeco, octubre 2016.

DOS SANTOS, Jorge Luiz. *Ciencia do futuro e futuro da ciencia*. Redes e politicas de nanociencia e nanotecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Ed UERJ, 2013.

DUPONT, & Environmental Defense. *Nano risk framework*. 2007. Disponible en: <<http://www.nanoriskframework.com>>.

ENGELMANN, Wilson. O dialogo entre as fontes do direito e a gestao do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases a juridicizacao do risco. En STRECK, Lenio; SEVERO ROCHA Leonel; ENGELMANN Wilson (orgs.) *Constituicao, Sistemas Sociais e Hermenéutica. Anuario do PPG em Direito da UNISINOS*. N°9. Sao Leopoldo: Livraria do Advogado Editora, 2012.

ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). *Direitos Humanos e Novas tecnologias*. Jundiaí. Paco Editorial, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. *Commission Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research (COM) (2008, 424)*. Disponible en: <<ftp://www.cordis.europa.eu>>.

FONSECA, Paulo e SANTOS PEREIRA, Tiago. The governance of nanotechnology in the Brazilian context: Entangling approaches. *Technology in Society*, 37, 16-27, 2014.

HARDT, Michael; NEGRI, Antonio. *Multitud*. Guerra y democracia en la era del Imperio. Buenos Aires: Debate, 2004.

HERREREÑO HERNÁNDEZ, Angel. Notas sobre el acceso a la justicia global corporativa por parte de las víctimas del desarrollo. *Revista El Otro Derecho*, 51, 15-115, 2015. Las víctimas del desarrollo: discusiones para la acción colectiva.

IIEP. *Guia de Nanotecnologias para trabalhadores e trabalhadoras*. Sao Paulo: IIEP, 2015.

ISO. *Business plan ISO/TC 229 nanotechnologies*. 2011. Disponible en: <<http://isotc.iso.org>>.

KJAER, Poul. A Hybrid within a Hybrid. Contextualising REACH in the process of European Integration and Constitutionalisation. *European Journal of Risk Regulation*, Vol. 1, issue 4, p. 383-396, 2010b.

KJAER, Poul. La metamorfosis de la síntesis funcional. Una perspectiva europeo-continental sobre governance, derecho y lo político en el espacio

transnacional. Traducido por Francisco Mujica. *Wisconsin Law Review*, (2). p. 489-533, 2010.

KJAER, Poul. *Towards a Sociology of Intermediary Institutions: The Role of Law in Corporatism, Neo-Corporatism and Governance*. In Mikael Rask Madsen and Chris Thornhill (eds.): *Law and the Formation of Modern Europe: Perspectives from the Historical Sociology of Law*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 117-141, 2014.

LUHMANN, Niklas. *La política como sistema*. Lecciones publicadas por Javier Torres Nafarrete. México DF: Universidad Iberoamericana, 2009.

MARTINS, Paulo. *Renanosoma: Onde as ciencias e ativismo se encontram*. En Red de Redes por la Justicia Ambiental: Poder Constituyente y Luchas Ambientales. Hacia una red de redes en América Latina. Córdoba: Ediciones de Autor SJA/ UNC, 2014.

NANOACTION. *Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais*. International Center for Technology Assessment (ICTA), traducido por REL- UITA, 2007.

OECD. *Working party on nanotechnology: Vision statement (2007)*. Disponible en: <<http://www.oecd.org>>.

PATENAUDE, Johane; LEGAULT, Georges-Auguste; BEAUVAIS, Jaques; BERNIER, Louise; BE LAND, Jean Pierre; BOISSY, Patrick; CHENEL, Vanessa; E'TIENNE DANIEL, Charles; GENEST, Jonathan; POIRIER, Marie-Sol; TAPIN, Danielle. Framework for the Analysis of Nanotechnologies' Impacts and Ethical Acceptability: Basis of an Interdisciplinary Approach to Assessing Novel Technologies, *Sci Eng Ethics*, 21:293-315, 2015.

PEREIRA, Reginaldo; MEDEIROS, Michael. O descompasso entre a defesa de direitos difusos e o avanço da tecnologia: uma década de (não) história da regulação da nanotecnologia no Brasil. *Revista Jurídica Direito & Paz*, v. 2, p. 156-176, 2015.

PEREIRA, Reginaldo; WINCKLER Silvana. O estado tecnocrático como obstáculo à realização da democracia. en BEDIN, Gilmar Antonio. *Cidadania, Justiça e Controle Social*. Santa Cruz do Sul. 2016.

TEUBNER, Gunther. *Fragmented Foundations: Societal Constitutionalism Beyond the Nation State*. En P. Dobner & M. Loughlin (Eds.). *The Twilight of Constitutional Law: Demise or Transmutation?*. Oxford: Oxford University Press. p. 327-341, 2010.

THOREAU, François; DELVENNE, Pierre. Have STS fallen into a political void? 2012.

VILA SEOANE, Maximiliano. Los desafíos de la nanotecnología para el “desarrollo” en Argentina. *Mundo Nano*, Vol. 7, No. 13, julio-diciembre, 2014.

WULLWEBER, Joscha. Innovation policies and the competition state: the case of nanotechnology. In van der Pijl, Kees (ed). *Handbook of the International Political Economy of Production*. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 43-58.

IMAGINÁRIOS SOCIOTÉCNICOS E POLÍTICA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO BRASIL: UMA LEITURA CRÍTICA DO NOVO MARCO LEGAL

Paulo F. C. Fonseca *

Introdução

O “Idioma da Coprodução” (JASANOFF, 2004) é uma perspectiva de análise social crítica que tem contribuído de forma robusta para a investigação sobre como – na interseção ente ciência, tecnologia e sociedade – novas ideias e discursos, práticas e materialidades a elas associadas surgem e afetam o mundo. Ao colocar a ênfase no prefixo “co”, a abordagem coprodutionista favorece a compreensão sobre como ciência e sociedade, tecnologia e política são faces indissociáveis da produção de conhecimento. Ou seja, esta corrente das ciências sociais, parte do que no Brasil costuma ser chamado de Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS), afirma que os processos políticos são moldados por aspectos técnicos, da mesma forma que as definições técnicas são produzidas também por pressões e poderes sócio-políticos. Em outras palavras, ao contrário de grande parte das tradições consagradas de análise social, a academia dos ECTS não reconhece uma separação nítida entre os sistemas técnicos e os sistemas sociais. Autores dos ECTS rejeitam a clássica separação entre o social e o técnico, entre o político e o científico, entre a tecnologia e o usuário, para tratar do estudo de “sistemas sociotécnicos”. Estudos de caso diversos têm demonstrado que as fronteiras entre as comunidades cívica e científica não são coerentemente identificáveis, quer em seus aspectos estruturais, mas principalmente nas dinâmicas de produção e transformação (LATOURET, 1987; BIJKER, 1995; MACKENZIE, 1999[1990]; CALLON, *et al.*, 2009).

O objetivo deste texto é apresentar uma análise, fundamentada no conceito coprodutionista de Imaginário Sociotécnico, sobre a emergência

* Instituto de Pesquisa em Risco e Sustentabilidade – IRIS. Departamento de Sociologia e Ciência Política. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC E-mail: dopaulo@gmail.com.

do chamado novo marco legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (NMLCTI): a Lei nº 13.243, sancionada em 11 de janeiro de 2016, pela então presidente Dilma Rousseff. Especificamente, argumento que o conteúdo das mudanças efetuadas pelo novo marco legal reflete um imaginário sociotécnico amplamente endossado pelas comunidades epistêmicas responsáveis pela elaboração das políticas públicas sobre Ciência, Tecnologia e Inovação (PCTI), e o coloco diante de outro imaginário, marginalmente difundido no debate sobre a PCTI no Brasil, mas que igualmente fundamenta uma concepção sobre o papel da inovação para o desenvolvimento social.

Na próxima seção apresento os conceitos de coprodução e imaginário sociotécnico, identificando como estes são ferramentas pertinentes para a análise de políticas públicas sobre Ciência, Tecnologia e Inovação (PCTI). A seguir realizo uma discussão sobre algumas das principais mudanças legais apresentadas pelo novo marco legal, ressaltando como estas refletem uma determinada concepção de inovação, baseada numa lógica linear que parte da ciência básica e chega à sociedade exclusivamente por meio de tecnologia incorporada em produtos e processos voltados para o mercado capitalista. Situo esta concepção como um imaginário sociotécnico inovacionista, hegemonizado pelos países de capitalismo avançado, líderes na produção de conhecimento tecnocientífico e largamente adotado pela comunidade científica que tem mantido o controle sobre a política de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil. Por fim, apresento e discuto sobre a existência e pertinência de imaginários alternativos, especificamente aquele construído sobre o conceito de Tecnologia Social, que apesar de não ser hegemonizado no contexto das PCTI brasileira, poderia servir como base para a elaboração de políticas públicas mais sintonizadas com a realidade local.

A coprodução de imaginários sociotécnicos

A coprodução aqui tratada se refere não apenas à participação de diferentes atores em um processo de construção de conhecimento científico (incorporado ou não em artefatos e sistemas tecnológicos), ela trata sobretudo da copresença de distintas dimensões nos processos de fazer sentido, nas formas de conhecer e representar a realidade, enfim, na epistemologia que orienta as práticas e teorias tecnocientíficas, bem como as políticas públicas desenhadas para a sua governança. Para a ciência política, a coprodução oferece novos caminhos para se pensar o poder, iluminando o papel normalmente invisível dos distintos conhecimentos,

perícias, práticas, técnicas e objetos materiais na configuração, manutenção, transformação ou subversão das relações de autoridade e poder. Para a sociologia, o enquadramento coproducionista apresenta formas e dinâmicas plausíveis para a conceptualização das estruturas e categorias sociais, enfatizando a interconectividade entre o micro e o macro, entre a emergência e a estabilização, entre o conhecimento e a prática (JASANOFF, 2004, p. 4). Pensar a partir da perspectiva coproducionista é partir da constatação de que a representação do mundo como ele é não pode ser dissociada da visão do mundo como ele deve ser, isto é, que a normatividade não pode ser dissociada da objetividade. A ciência é, ao mesmo tempo, produto e insumo para as formas constitutivas da vida social. O conhecimento científico não é, a partir desta perspectiva, uma descrição fidedigna ou aproximada da realidade, ele ao mesmo tempo estrutura e é estruturado por práticas sociais, por identidades coletivas, normas, convenções, discursos e instituições. O mesmo pode ser dito sobre a tecnologia e a inovação, isto é, não se trata apenas de novos processos e produtos construídos a partir de conhecimentos práticos e teóricos, mas sim de materializações coletivamente sustentadas de valores, culturas e imaginários.

De fato, os imaginários sociotécnicos, conceito formulado e desenvolvido por Sheila Jasanoff e Sang-Hyun Kim (JASANOFF; KIM, 2009; 2013) e recentemente desenvolvido por Jasanoff (2015), servem como um ilustrativo sobre as distintas dinâmicas em que os sistemas sociotécnicos são coproduzidos, isto é, a partir do emaranhamento entre tecnociência e projeções culturais, psicosociais e, sobretudo, ideológicas. Os imaginários sociotécnicos são definidos como

visões de futuros desejáveis que são coletivamente sustentadas, institucionalmente estabilizadas e publicamente performadas. São animadas por entendimentos compartilhados das formas de vida social e ordem social atingíveis pelo meio de ou ajudadas pelos avanços na ciência e tecnologia. (JASANOFF, 2015, p. 4)

Assim, os imaginários relacionados com questões tecnocientíficas não se relacionam apenas com as possibilidades futuras de desenvolvimento da ciência e tecnologia, mas se relacionam diretamente com as concepções sobre qual o futuro desejável para a sociedade em geral e como a ciência e a tecnologia podem ajudar à concretização deste cenário. Em outras palavras, os imaginários sociotécnicos são causa e efeito da coprodução da ciência nas sociedades. Eles agregam em si, desde o conhecimento específico sobre determinadas possibilidades de desenvolvimentos tecnocientíficos, ou seus

riscos, até ideologias políticas alinhadas ou desalinhadas com o pensamento hegemônico.

Pensar em imaginários pode descrever de uma só vez os futuros tangíveis e aqueles que determinadas coletividades acreditam que devem ser atingidos. Esses imaginários coletivos influenciam diretamente a elaboração das políticas públicas preponderantes para a definição dos rumos da ciência e tecnologia. Decisões acerca de para onde vão os financiamentos, quais devem ser os beneficiados e os excluídos dos estímulos fiscais, ou quais devem ser as prioridades de regulação são orientadas por uma concepção generalizada, ao menos por determinados espaços políticos, sobre o papel da ciência e da tecnologia e o papel do Estado em relação a elas.

Os imaginários não são sinônimos das agendas políticas. Eles são “menos explícitos, menos orientados para metas ou questões específicas, menos enquadrados politicamente e menos instrumentais, eles estão localizados no repertório de normas e discursos, metáforas e significados culturais com os quais os atores constroem suas preferências para as políticas públicas” (JASANOFF, 2015, p. 123) Eles também não podem se resumir às grandes narrativas da modernidade que põem o progresso da ciência a serviço do bem estar social. Da mesma forma, os imaginários não são sistemas de crença unitários, enraizados e estáticos, mas pelo contrário, são consolidações múltiplas de posições que interagem no jogo político e social, mas que tendem a reforçar aquelas defendidas por atores-rede (Latour, 2005) que se encontram em posições privilegiadas.

Segundo Jasanoff e Kim (2009, p. 122), a identificação destes imaginários e da forma como eles têm exercido influências pode ser feita através da análise histórica e comparativa das políticas de ciência e tecnologia de cada país, especialmente as que se dirigem à promoção das inovações e aquelas relativas à sua regulação. Elas costumam conter a justaposição de visões distintas sobre o futuro desejado para a ciência e tecnologia, seja sobre quais as trajetórias para que as inovações tecnológicas sirvam aos interesses nacionais, seja sobre quais os perigos associados à persecução destes interesses.

Os autores identificaram, por exemplo, como os governos dos EUA e da Coréia do Sul concebem e propõem de forma bem diferente as políticas sobre a tecnologia nuclear. Enquanto no primeiro país o governo busca colocar-se no papel de um regulador responsável pelos riscos envolvidos, com a identidade de “átomos para a paz”, o governo asiático vê o domínio da tecnologia nuclear principalmente como uma oportunidade e

necessidade para impulsionar o desenvolvimento econômico, ou seja, “átomos para o desenvolvimento”. Tais concepções foram moldadas, é claro, pela experiência política passada, de guerra ou subdesenvolvimento, mas também de acordo com as próprias noções de cidadania, de nacionalidade e de confiança no governo. A imagem dada por cada nação à energia nuclear definiu as formas divergentes com que cada governo reagiu a eventos como o de Three Mile Island e Chernobyl e ao movimento anti-nuclear, mas também sobre os próprios projetos tecnológicos e as técnicas de avaliação e gestão de riscos. Os mesmos autores, em um trabalho posterior (JASANOFF; KIM, 2013), compararam os imaginários sociotécnicos sobre energia dos Estados Unidos, Alemanha e Coréia do Sul, para apontar como cada um, com suas distintas abordagens para o tratamento de riscos e responsabilidades, levaram a especializações e diferenciações tecnopolíticas particulares. Enquanto os EUA se tornaram líderes em biocombustíveis, a Alemanha em energia solar e eólica e a Coréia do Sul em energia nuclear.

Trazendo o olhar para a situação em que a inovação tem sido politicamente pensada no Brasil, é possível visualizar também como imaginários sociotécnicos singulares têm historicamente se manifestado. Fugiria da pretensão deste ensaio uma caracterização precisa de um imaginário supostamente homogêneo e empiricamente irrefutável, mas é possível apontar como algumas informações disponíveis coincidem com o apontamento de que existem concepções estabilizadas acerca do papel da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento social, ou melhor, sobre como as inovações tecnocientíficas podem e devem transformar as relações materiais e sociais. O objeto da discussão que se segue não é descrever os distintos imaginários sociotécnicos brasileiros sobre a inovação em si, mas apontar, por um lado, como o NMLCTI pode ser compreendido como uma cristalização específica do imaginário dominante na comunidade epistêmica responsável pela PCTI nacional e, por outro lado, como um imaginário alternativo, embora seja marginalizado no debate sobre os futuros esperados para a ciência e tecnologia nacional, se mostra mais apropriado para a realidade local, na medida em que se dirige diretamente para a inclusão e a coesão social.

O novo marco legal: a coprodução de um imaginário inovacionista

Juridicamente, o novo marco legal se consiste a partir da Lei nº 13.243, que foi sancionada, com alguns vetos, pela presidente Dilma Roussef em janeiro de 2015. A lei dispõe sobre alterações em outras nove leis federais e em uma emenda constitucional. Trata-se de uma

modificação de aspectos específicos de diversas leis que, em seu conjunto, devem oferecer “estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação” (Art.1º)¹.

Mais que analisar os pormenores sobre as modificações de pontos específicos de distintos dispositivos legais, intencionalmente pensados a fim de aprimorar o ambiente de inovação no país, o que proponho para este espaço é o apontamento de como estas diversas alterações convergem com uma visão específica de relação entre ciência, tecnologia e sociedade, ou mais especificamente, com um imaginário sociotécnico sobre a inovação brasileira no futuro.

Dentre as principais modificações, podemos apontar os seguintes destaques: i) a redução de impostos e a simplificação de regras, como a dispensa da obrigatoriedade de licitação para importação de material de pesquisa; ii) professores das universidades públicas, atualmente em regime de dedicação exclusiva, passam a poder exercer atividade remunerada de pesquisa também no setor privado, com o aumento de 120 horas para 416 horas anuais (8 horas/semana); iii) as universidades e institutos de pesquisa ficam permitidas a compartilhar o uso de estrutura física e humana com empresas, para fins de pesquisa; iv) a União federativa pode financiar, fazer encomendas diretas e até participar de forma minoritária do capital social de empresas com o objetivo de fomentar inovações e resolver demandas tecnológicas específicas do país, sendo que as empresas envolvidas nesses projetos podem manter a propriedade intelectual sobre os produtos das pesquisas (BRASIL, 2016). Além de modificações processuais, a lei também introduz diversos novos conceitos, como incubadora de empresas, parques e polos tecnológicos e mesmo capital intelectual.

Todas as modificações expostas acima, assim como diversas outras sobre as quais não caberia aqui um detalhamento, podem ser vistas como materializações de um imaginário sociotécnico específico sobre a inovação, que coloca a empresa privada, ao mesmo tempo e de forma exclusivista, como ator que a realiza e como lugar onde ela ocorre. Conforme apontam os itens acima, há uma clara orientação para incentivar que a pesquisa e desenvolvimento científicos sejam aproveitados pelas e orientados para as empresas, ainda que as estruturas físicas e humanas possam ser as das universidades e instituições de pesquisa públicas.

¹ Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 2 de março de 2017.

Por um lado, é uma concepção que nega uma visão previamente muito difundida, sobretudo a partir da política americana pós-guerra (BUSH, 1945), o chamado modelo linear de inovação, que vê a transferência de conhecimento seguindo encadeamento unidirecional: ciência -> tecnologia -> indústria -> sociedade. A nova lei, ao contrário, segue uma visão que se fundamenta no imaginário dos países de capitalismo avançado, como EUA, Alemanha e Reino Unido, no qual a prosperidade e o bem estar social são obtidos por meio de uma economia estável, composta por empresas que se mantêm e inovadoras e, com isso, bem sucedidas frente à concorrência global.

O horizonte, por esta perspectiva, é alcançado pelo orquestramento perfeito de um “sistema nacional inovação” (Nelson, XXXX) que ofereça um ambiente propício para que relações sinérgicas diversas entre entidades públicas e privadas possam facilitar a inovação de processos e de produtos pelas empresas. Segundo essa visão de futuro, o benefício social da ciência e tecnologia ocorre única e exclusivamente a partir da inovação empresarial, ou seja, não apenas pelo desenvolvimento de produtos e processos que incrementam a medicina, o transporte, o entretenimento, enfim a qualidade de vida dos cidadãos, mas, sobretudo, a partir do crescimento econômico gerado pelo incremento da competitividade das empresas. Ou seja, apesar de negar uma via de mão única para o desenvolvimento da inovação, é um imaginário que ainda mantém um único caminho para o desenvolvimento, que passa necessariamente pela empresa privada.

No Brasil, onde praticamente toda a pesquisa e desenvolvimento (P&D) ocorrem em instituições públicas, sejam as de ensino e pesquisa, como as universidades e as fundações, sejam produtivas, como as empresas estatais, este imaginário acaba por vislumbrar uma vinculação mais direta do público com o privado, sobretudo por processos de transferência de conhecimento. Em outras palavras, a nova lei cristaliza uma visão de um futuro na qual os principais benefícios do conhecimento científico produzido por instituições públicas devem ser atingidos por meio de sua transferência para as empresas privadas, fazendo com que estas sejam mais competitivas e, deste modo, possam contribuir para o crescimento econômico e social do país, por meio de mais empregos e impostos.

Esta concepção inovacionista não é nova no Brasil. Por exemplo, durante o governo Lula já foram aprovadas as chamadas Lei do Bem² e Lei da Inovação³ que buscam mimetizar o ambiente jurídico institucional apresentado em países bem sucedidos. O novo marco legal, longe de ser uma ruptura com as políticas passadas, reitera o histórico recente de aposta neste imaginário, na medida em que propõe ir mais além do que toca à privatização dos processos de pesquisa. É interessante notar, no entanto, que após mais de uma década de perseguição deste horizonte por meio de políticas públicas voltadas para isso o país não observou os resultados esperados, isto é, o desenvolvimento de uma indústria altamente tecnológica e inovadora, que propiciasse um desenvolvimento econômico que se traduzisse em melhoria das condições de vida de populações desfavorecidas. O crescimento econômico vivenciado na última década, como bem se sabe, não esteve atrelado ao desenvolvimento de uma indústria inovadora, mas, sobretudo, à exportação de *commodities* supervalorizadas e à expansão do mercado interno propiciada pelas políticas sociais.

Assim, apesar de a profecia de que a transferência de conhecimento científico desenvolvido por instituições públicas para as empresas privadas fosse possibilitar a emergência de uma indústria altamente inovadora não ter ainda apresentado os resultados esperados, este tem sido o pilar que tem orientado a construção das políticas de CTI no Brasil. Uma possível compreensão para este fenômeno é o que aqui apontamos como a presença de um imaginário sociotécnico acerca da inovação que compartilha a visão acima discutida, isto é, uma concepção baseada mais que em dados empíricos, em expectativas futuras.

Para Dagnino (2006) um conceito importante para o entendimento da PCTI nacional é o de “advocacy coalitions”, isto é, coalizões de poder ou de defesa, formais ou informais, constituídas por um grupo de indivíduos que compartilham um contexto sociocultural, que os leva a atuar politicamente para, que seus interesses, objetivos, concepções políticas e culturais, sejam assegurados nas políticas públicas. Dagnino entende que a PCTI é definida dinamicamente pela operação destas

² Lei 11.196/2005, disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 2 de março de 2017.

³ Lei LEI No 10.973/2004, disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 2 de março de 2017.

coalizões, no caso, preferencialmente pela comunidade de pesquisa, que tem seu poder ainda mais garantido devido ao prestígio particular dos cientistas e experts perante a sociedade. Portanto, uma de suas teses é que a comunidade de pesquisa, concebida como um

conjunto que abrange os profissionais que se dedicam ao ensino e à pesquisa em universidades públicas e aqueles que, tendo sido ali iniciados na prática da pesquisa, e socializados na sua cultura institucional, atuam em institutos públicos de pesquisa e, também, em agências dedicadas ao fomento e planejamento da C&T (DAGNINO, p. 37),

tem no contexto periférico em que se situa o Brasil, um empoderamento ainda maior que o que se observa nos países centrais em relação ao processo decisório da PCT. Utilizando o conceito de “colégio invisível” de Crane (1972), isto é, uma comunidade informal de cientistas que compartilham e trabalham ao redor de um mesmo tema, Dagnino afirma que os funcionários de institutos públicos de pesquisa e de agências de fomento e planejamento de CTI tiveram sua formação profissional no âmbito deste colégio e que, portanto, tendem a atuar segundo os padrões da própria comunidade científica. Além disso, a prática comum é que pesquisadores renomados ocupem as posições de comando das instituições governamentais responsáveis pela PCTI, o que condiciona os burocratas a seguirem a ideologia deste colégio.

É interessante notar que, se por um lado, conforme colocado, os burocratas no contexto periférico são, ou os próprios professores-pesquisadores, ou oriundos dessa mesma comunidade epistêmica, os empresários não têm manifestado muito interesse em assumir um papel mais ativo na elaboração da PCT. Segundo Dagnino, apesar de vocalizarem os mesmos discursos importados dos países avançados, nomeadamente sobre a necessidade de se incorporar o conhecimento gerado pela pesquisa ao desenvolvimento e produção de produtos e processos inovadores em empresas que com isso se tornam mais competitivas, o que ocorre é uma apropriação deste discurso pelo chamado “alto clero das ciências duras”, ou “acadêmicos empreendedores”, capacitados para interagir com as empresas inovadoras. São estes atores quem impulsionam o atual discurso de interação universidade-empresa, dos polos tecnológicos, etc., que deveriam ser do interesse das empresas locais. No entanto, segundo dados do IBGE (2010; 2014), a grande maioria dos empresários inovadores (80%), isto é, de empresas que realizaram alguma inovação de produto ou processo nos últimos 3 anos, investem somente em aquisição de máquinas

e equipamentos, e somente uma pequena parte (20%) em realizar P&D internamente. O mesmo desajuste se verifica no tema da absorção de pós-graduados pelas empresas, que ainda não têm sido incorporados dentro dos postos de trabalho no mercado privado, que pode ser verificado, por exemplo, pela praticamente inexistência de uma indústria nacional de alta-tecnologia (as diversas multinacionais de automóveis instaladas no país, por exemplo, mantêm todas elas os centros de P&D em suas respectivas matrizes). Portanto, a orientação da PCT para atender crescentemente os interesses empresariais, obedecendo ao tradicional mimetismo observado nas políticas públicas dos países da América Latina, se dá pela incorporação do discurso da inovação, da competitividade e do empreendedorismo pela própria comunidade científica, que vê neste uma oportunidade renovada para justificar a importância do lado ofertista do conhecimento.

Um imaginário alternativo para a inovação no Brasil

O NMLCTI é uma materialização de um imaginário que se tornou, por motivos pragmáticos, hegemônico dentre a comunidade epistêmica que historicamente se mantém no comando da PCT brasileira. Uma hipótese aqui levantada para a compreensão deste fenômeno é que essa “importação acrítica de modelos” estaria associada a uma à concepção dos líderes da comunidade de pesquisa sobre como construir o futuro de modernidade, ou melhor, sobre como adaptar-se às mudanças do capitalismo que desejam facilitar. Essa ação que resultou, no passado, na adoção do ofertismo como modelo, e no presente, do inovacionismo, não se deve a uma simples emulação acrítica de modelos oriundos de países de capitalismo avançado, determinada por nossa abrangente dependência cultural. Ela é o resultado de uma opção consciente por parte da classe científica dominante – ideológica e até mesmo política – de reproduzir, ainda que de forma periférica, a dinâmica capitalista que, nos países avançados, mas também até agora aqui, a mantém numa situação social e economicamente privilegiada.

Por outro lado, ainda que este seja o imaginário dominante no contexto da elaboração das PCT, existem outros ideários que concorrem, ainda que não em pé de igualdade, pela consolidação como um imaginário sobre inovação no Brasil. Neste sentido, cabe considerar proposta da Tecnologia Social (e.g. DAGNINO, 2014; DAGNINO, 2010), que ainda que marginalizada e ausentada da agenda da PCTI, constitui-se como uma

alternativa plausível e, em certos aspectos, mais apropriada para as demandas da realidade socioeconômica nacional.

O conceito de Tecnologia Social (TS) pode ser visto como uma continuação de propostas embasadas na crítica ao papel nocivo da “tecnologia convencional” – aquelas desenvolvidas pelo e para o contexto das empresas e incentivada pelas políticas dos países centrais – para os países periféricos (DAGNINO, 2004; DAGNINO; BRANDÃO *et al.*, 2004; THOMAS, 2009). A tecnologia convencional, enquanto desenvolvida e mantida por atores que se encontram em posições centrais das relações globais de produção e comercialização, reproduzem as relações e valores sociais e políticos associados ao seu próprio contexto.

A TS é concebida a partir de um referencial que reconhece as relações sistêmicas de co-produção do conhecimento, a não-linearidade da relação problema-solução, e, portanto, a necessidade de se abordar sociotecnicamente a governação que almeje promover a inclusão social.

Ao invés de pensar em tecnologias com baixa intensidade de conhecimento científico, Kreimer e Thomas (2002), convidam a pensar na solução para problemas sociais e ambientais como um desafio científico-tecnológico, e propõe que o desenvolvimento de TS conhecimento-intensivas poderia dar uma utilidade social para a ciência e tecnologia localmente produzidas, que têm sido até o momento subutilizadas (KREIMER; THOMAS, 2002).

Uma das definições mais difundidas para a Tecnologia Social é aquela utilizada pela Rede de Tecnologia Social: “TS compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social” (Rts – Rede De Tecnologia Social, 2005).

Se por um lado esta definição exhibe a heterogeneidade das vozes ativas na formulação e desenvolvimento da abordagem, que ultrapassa os tradicionais atores envolvidos com o debate sobre o desenvolvimento tecnológico para incluir movimentos para inclusão social, ela também exhibe as forças centrípetas apontadas para a participação/interação e para um desenvolvimento desejável desde o ponto de vista social. Da mesma forma, a conceptualização sobre a TS parte de um idioma que reconhece a coprodução da tecnociência e a sociedade, desacreditando tanto no determinismo tecnológico quanto no social (THOMAS, 2009). Existem distinções importantes que faz da TS uma abordagem particularmente

pertinente para um pensamento contra-hegemônico para a governança da ciência e tecnologia no contexto brasileiro.

No plano da participação, a TS deve buscar trazer os usuários-beneficiários às próprias decisões sobre a elaboração das tecnologias. Isto é, mais que uma atividade de consulta à população, trata-se de uma atividade de colaboração direta com os atores afetados ou interessados, isto é, de transformar os usuários-beneficiários em usuários-intermediários. Por outro lado, ao contrário de iniciativas de diálogo e geração de consenso desenvolvidas no Norte, que buscam trazer apenas cidadãos que não tenham já “pré-concepções” formadas sobre o assunto e excluem ONGs e movimentos da sociedade civil previamente engajados em discussões e contestações (IRWIN, 2006), os atores fundamentais que vêm promovendo a TS na região são, segundo Thomas (2009, p. 27), movimentos sociais, cooperativas populares, ONGs, unidades públicas de I&D, agências governamentais, empresas públicas (e, em menor escala, empresas privadas). Portanto, trata-se de uma visão para a participação que aparenta ser mais apropriada para o contexto brasileiro, em que cidadãos individuais não apresentam a mesma disposição, ou canais institucionais adequados, para se engajarem em iniciativas de diálogo relacionados com a co-produção de tecnologias, mas onde movimentos sociais e outros grupos da sociedade civil têm tido um debate destacado no debate público.

Por outro lado, a centralidade da metodologia proposta para a TS se encontra no conceito de “Adequação Sociotécnica” (DAGNINO; BRANDÃO *et al.*, 2004; DAGNINO; NOVAES, 2007; THOMAS, 2009). A partir da utilização de diversas ferramentas analíticas obtidas por tradições distintas, como a análise crítica da tecnologia (FEENBERG, 2002; DAGNINO, 2008), a análise da política (HAM; HILL, 1993; DAGNINO, 2007) e os próprios estudos econômicos sobre inovação e mudança tecnológica que discutimos anteriormente, (e.g. GIOVANNI DOSI, 1988; FREEMAN; SOETE, 2000), seus promotores propõem que é preciso adequar sociotecnicamente as inovações, mas principalmente os processos de coprodução a ela atrelados, a critérios que vão para além do finalidades e requisitos econômicos como produtividade e competitividade e busquem satisfazer discernimentos diretamente vinculados a dimensões sociais, éticas e ambientais. Portanto, a adequação sociotécnica busca responder à necessidade de se criar um substrato tecnológico e cognitivo nos quais atividades normalmente excluídas, ou como diria Santos, ausentadas,

possam ganhar espaço e sustentabilidade nos circuitos econômicos formais entre as firmas tradicionais.

A adequação sociotécnica é o cerne da abordagem da TS, na medida em que apresenta uma metodologia para os processos de coprodução de inovações que busquem incluir, conforme colocam Dagnino et al. (2004), critérios como a intensidade democrática, a análise de ciclo de vida, segurança ambiental e para a saúde, questões éticas, e assim por diante. Trata-se de um processo inverso ao que Bijker (1995) descreveu para a construção sociotécnica de tecnologias convencionais, que têm as suas características definidas a partir de negociações recorrentes entre distintos atores movidos por interesses próprios. Neste sentido, a adequação sociotécnica deve buscar uma desconstrução de artefatos e sistemas tecnológicos desenvolvidos para ambientes e propósitos externos e inadequados para os interesses dos grupos locais.

É possível identificar, no discurso governamental implementado a partir de 2003, menções sobre a necessidade de se promoverem tecnologias sociais como instrumento de desenvolvimento social, econômico e regional do país. Por exemplo, um dos quatro eixos de ação estratégica era justamente o desenvolvimento social, no qual a Tecnologia Social está presente. No entanto, Dagnino e Bagattolli (2009) afirmavam ao final da década que o quarto eixo da estratégia nacional de CTI apresentava apenas 2% dos recursos alocados pelo ministério, o que demonstrava que, apesar do discurso, a tecnologia social nunca foi de fato tomada como política pública de Estado. Atualmente, é possível afirmar que, ainda que instituições públicas como a RTS – Rede de Tecnologia Social e a fundação Banco do Brasil promovam o desenvolvimento e a reprodução deste modelo de desenvolvimento tecnológico, esta nunca foi uma das prioridades na agenda política para a ciência e tecnologia. Este é, portanto, um imaginário marginalizado e mesmo invisibilizado dentro do espectro de ideias relacionadas à governança da ciência e tecnologia, um imaginário o qual este trabalho busca dar a devida visibilidade.

Conclusão

O NMLCTI é uma das materializações visíveis de um imaginário sociotécnico que se sustenta na visão de que inovação tecnocientífica promovida em empresas privadas se traduz, *necessariamente*, em bem-estar social. A centralidade neste imaginário se encontra na empresa capitalista e, com isso, o objeto central da PCTI desloca-se das

instituições públicas de investigação e ensino para como estas devem auxiliar a construção de inovações na esfera privada. Evidentemente as empresas não são consideradas como entidades isoladas, mas como parte de uma rede de relações necessárias para que estas firmas possam inovar, isto é, como parte de “sistemas de inovação” (EDQUIST, 1997; OECD, 1997). De acordo com este imaginário, apesar da crescente globalização da economia, a competitividade das empresas de um determinado país está diretamente associada às condições oferecidas por cada sistema nacional de inovação (FREEMAN, 1995). Neste sentido, por meio de uma configuração ideal dos mecanismos políticos, um sistema nacional de inovação otimizado deverá estimular o desenvolvimento de inovações nas empresas e, conseqüentemente, trará um desenvolvimento social automático para o país.

Por outro lado, existem outros imaginários coletivamente sustentados sobre as relações CTS, como o fundamentado na Tecnologia Social na América Latina, que reconhece particularidades do processo de coprodução da tecnociência e das sociedades do contexto periférico da região e recorre a conceitos e abordagens distintas que podem colocam como contraponto àquele cristalizado pelo NMLCTI. Assim, este imaginário não nega a importância de inovações “high-tech”, mas se enfatiza a necessidade de se desenvolvê-las adequadamente, isto é, de acordo com critérios que devem estar mais democraticamente situados em relação às necessidades das populações locais. A ênfase, portanto, está na participação efetiva de grupos sociais nos processos de desconstrução e construção de cenários que reconhecem os problemas socioambientais locais como desafios técnico-científicos.

Ao contrário de apresentar as “tecnologias sociais” como soluções pontuais para resolver determinados problemas, como artefatos ou metodologia específicas baseadas em tecnologias de baixo custo e pouca intensidade de conhecimento científico incorporado, os promotores deste imaginário ressaltam a pertinência de se utilizar a expressão no singular, isto é, “a Tecnologia Social”, isto é, para enfatizá-la como um horizonte a ser alcançado, em grande medida utópico, mas norteador para se pensar a governança da tecnociência. Uma governança que reconheça a necessidade de se gerar dinâmicas locais de inovação sociotecnicamente adequadas para a promoção de inclusão social, a partir de critérios que não são contemplados pela agenda da inovação privada, voltada a competitividade empresarial. Ou seja, a TS não é um fim em si mesma, mas como uma matriz cognitiva para o

desenvolvimento de um novo imaginário em que os sistemas sociotécnicos sejam diretamente voltados para a inclusão social.

Referências

BIJKER, W. E. *Of bicycles, bakelites, and bulbs: toward a theory of sociotechnical change*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995.

BRASIL. *Novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação*: Lei No. 13.243/2016. In: UNIÃO, A.-A. G. D. (Ed.). Brasília: AGU – Advocacia Geral da União, 2016. Disponível em: <<http://www.anprotec.org.br>>.

BUSH, VANNEVAR. *Science: The Endless Frontier*. Washington: United States Government Printing Office 1945.

CALLON, MICHEL; LASCOUMES, PIERRE; BARTHE, YANNICK. *Acting in an Uncertain World: An Essay on Technical Democracy*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2009.

DAGNINO, Renato. A tecnologia social e seus desafios. In: PAULO, A. D.; MELLO, C. J., et al. (Ed.). *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

DAGNINO, Renato. A comunidade de pesquisa e a política de ciência e tecnologia: olhando para os países avançados. *Revista CTS*, v. 3, n. 7, p. 43-58, 2006.

DAGNINO, Renato. *Ciência e tecnologia no Brasil: o processo decisório e a comunidade de pesquisa*. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

DAGNINO, Renato. *Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: Um Debate sobre a Tecnociência*. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

DAGNINO, Renato; BAGATTOLLI, Carolina. Como transformar a Tecnologia Social em Política Pública? In: DAGNINO, R. (Ed.). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 2009. p. 155-178.

DAGNINO, Renato; BRANDÃO, Flávio Curvinel; NOVAES, Henrique Tahan. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: PAULO, A. D.; MELLO, C. J., et al. (Ed.). *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 15-64.

DAGNINO, Renato; NOVAES, Henrique T. A adequação sócio-técnica como insumo para a recuperação dos Institutos Públicos de Pesquisa.

Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 1, n. 3, p. 30-43, 2007.

EDQUIST, Charles. *Systems of Innovation Approaches – Their Emergence and Characteristics*. In: EDQUIST, C. (Ed.). *Systems of Innovation – Technologie, Institutions and Organizations*. London: Pinter, 1997.

FEENBERG, Andrew. *Transforming technology: a critical theory revisited*. Oxford: Oxford University Press, 2002.

FREEMAN, Chris. *The National System of Innovation in historical perspective*. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, p. 5-24, 1995.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. *The Economics of Industrial Innovation*. London: Continuum, 2000.

GIOVANNI DOSI, Luigi Orsenigo. Coordination and transformaiton: an overview of structures, begaviours and change in evolutionary environments. In: GIOVANNI DOSI, C. F., RICHARD NELSON, GERALD SIVERBERG, LUC SOETE (Ed.). *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter, 1988. (IFIAS research).

HAM, Christopher; HILL, Michael. *O processo de elaboração de políticas no estado capitalista moderno*. Campinas: GAPI – Unicamp, 1993.

IBGE. *Pesquisa de Inovação Tecnológica – PINTEC*. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010.

IBGE. *Pesquisa de Inovação – PINTEC*. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

IRWIN, Alan. *The Politics of Talk. Social Studies of Science*, v. 36, n. 2, p. 299-320, April 1, 2006 2006.

JASANOFF, Sheila. The idiom of co-prduction. In: JASANOFF, S. (Ed.). *States of Knowledge. The co-production of science and social order*. London, New York: Routledge, 2004. p.1-12.

JASANOFF, Sheila. Future Imperfect: Science, Technology, and the Imaginations of Modernity. In: JASANOFF, S.; KIM, S.-H. (Ed.). *Dreamscapes of modernity : sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2015.

JASANOFF, Sheila; KIM, Sang-Hyun. Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. *Minerva* v. 47, p. 119-146, 2009.

JASANOFF, Sheila; KIM, Sang-Hyun. Sociotechnical Imaginaries and National Energy Policies. *Science as Culture*, v. 22, n. 2, p. 189-196, 2013/06/01 2013. ISSN 0950-5431.

KREIMER, Pablo; THOMAS, Hernán. The social appropriability of scientific and technological knowledge as a theoretico-methodological problem. In: ARVANITIS, R. (Ed.). *Science and technology policy of the EOLSS*. London: EOLSS Publishers, 2002. p.Section 1.30.

LATOUR, Bruno. *Science in Action*. How to follow scientists and engineers through society. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press, 1987.

LATOUR, Bruno. *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network Theory*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

MACKENZIE, Donald. Nuclear Missile Testing and the Social Construction of Accuracy. In: BIAGIOLI, M. (Ed.). *The Science Studies Reader*. New York and London: Routledge, 1999[1990].

OECD. *National Innovation Systems*. Paris: OECD, 1997.

RTS – REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL. *Histórico e Elementos Conceituais*. 2005. Disponível em: <<http://www.rts.org.br>>.

THOMAS, HERNAN. Tecnologias para Inclusão Social e Políticas Públicas na América Latina. In: RTS, R. D. T. S. (Ed.). *Tecnologias Sociais: Caminhos para a sustentabilidade*. Brasília: RTS, 2009. p. 25-82.

A GOVERNANÇA DOS RISCOS DA NANOTECNOLOGIA E O NOVO MARCO LEGAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO BRASIL SOB A ÓTICA DAS INSTITUIÇÕES REPRESENTATIVAS DOS TRABALHADORES DAS ÁREAS DE CT&I

Paulo Roberto Martins*

Introdução

*Será que eu falei o que ninguém ouvia?
Será que eu ouvi o que ninguém dizia?
Não vou me adaptar
(ANTUNES, 1985)*

Este texto começa por apresentar duas citações de dois eminentes cientistas que muito contribuíram para o desenvolvimento das ciências no contexto dos séculos XX E XXI. Trata-se, primeiramente de Albert Einstein que nos afirma que “Tudo aquilo que o homem ignora não existe para ele. Por isto o universo de cada um se resume ao tamanho de seu saber”¹. Assim sendo, o sentido da elaboração deste texto e o de ampliar – modestamente – o saber de cada um dos leitores de tal forma que a temática aqui tratada não seja mais ignorada pelos que possam ter acesso a este trabalho.

O segundo autor aqui citado no início deste texto se refere a Edgar Morin, maior cientista francês vivo nesta segunda década do século XXI. Sua reflexão aqui apresentada é a seguinte: “A nave espacial terra é movida por quatro motores associados e ao mesmo tempo descontrolados: ciência, técnica, indústria e capitalismo (lucro) O problema está em estabelecer um controle sobre estes motores: os poderes da ciência, da técnica e da indústria devem ser controlados pela ética, que só pode impor seu controle por meio da política” (MORIN, p. A16). Estas duas citações se configuram como pressupostos da análise que se segue neste texto.

* Doutor em Ciências Sociais (UFFRJ). Ex pesquisador (aposentado) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT. É fundador (18/10/2004) e coordenador da Rede Brasileira de Pesquisas em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – RENANOSOMA.

¹ Disponível em: <<http://www.humi.com.br>>.

É de domínio público que as universidades públicas brasileiras (federais e estaduais) são as principais entidades que realizam pesquisas no Brasil. Assim sendo, vamos iniciar uma rápida reflexão sobre as mesmas, a partir das contribuições de Mauricio Tragtemberg, expresso em várias de suas obras (TRAGTENBERG, 1974; 03/12.1978; 1979; 1980; 1990; setembro de 2008), mas aqui usadas as passagens de seu texto “A delinquência acadêmica: o poder sem saber e o saber sem poder”. Para este autor “A universidade não é uma instituição neutra, é uma instituição de classe onde as contradições de classe aparecem. Para obscurecer esses fatores ela desenvolve uma ideologia, um saber neutro, científico, quer dizer, a neutralidade cultural e o mito de um saber “objetivo” acima das contradições sociais”. Portanto, a ciência produzida nestas instituições não é neutra como muitos de seus cientistas costumam afirmar, inclusive a maioria dos cientistas nanotecnológicos.

Segundo Tragtemberg, “Essa “delinquência acadêmica” aparece em nossa época longe de seguir os ditames de Kant “ouse conhecer”. Se os estudantes quiserem conhecer os espíritos audazes da nossa época, é fora da Universidade que irão encontrá-los. A bem da verdade, raramente a audácia caracterizou a profissão acadêmica. É a razão pela qual os filósofos da revolução francesa se autodenominavam de intelectuais e não de acadêmicos. Isso ocorria porque na Universidade havia hostilidade ao pensamento crítico avançado”. Essas reflexões feitas por Tragtember no ano de 1978 em sua participação no I Seminário Brasileiro de Educação, realizado em Campinas, Unicamp, continuam plenamente válidas para a atualidade do século XXI onde os espíritos audazes continuam fora das universidades.

O mesmo se aplica a esta sua conclusão sobre o papel da universidade que Tragtemberg via no ano de 1978 e que em nosso ver permanece plenamente atual, demonstrando a acurada análise realizada há décadas por este autor e ainda plenamente válida. Assim se manifestou Tragtemberg “(...) Uma universidade que produz pesquisas ou cursos a quem é apto a pagá-los perde o senso da discricção ética e da finalidade social de sua produção. É uma ‘multiversidade’ que se vende no mercado ao primeiro comprador, sem averiguar o fim da encomenda. Isso tudo encoberto pela ideologia da neutralidade do conhecimento e seu produto”.

Um dos temas em moda em nossas universidades brasileiras, que vem ganhando corpo, crescendo de importância, inclusive ideológica, é o empreendedorismo. Em 1978 Tragtemberg já o identificava da seguinte forma “A segunda visão, do “empreendedorismo”, vê a liberdade no

autogerenciamento. É a idealização do trabalho autônomo. Técnicas e ideias anteriormente circunscritas ao treinamento empresarial são agora disponíveis a qualquer interessado, exacerbando o individualismo e criando uma falsa sensação de liberdade. Essa ideologia contribui para a desmobilização política, afastando-nos das vias de democratização”. Há um incentivo crescente para o empreendedorismo no Brasil, realizado com recursos públicos. Isto se aplica também no desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil, onde muitos dos empreendedores são alunos de mestrados e doutorados responsáveis pelas denominadas empresas “*start-up*”.

A seguir vamos tratar do tema da ética. Para tanto elegemos utilizar texto produzido por Ricardo Timm de Souza (2006, p. 280-284) apresentado no II SEMINANOSOMA, São Paulo, Outubro de 2005. Para este professor de filosofia da PUC/RS a “Ética e o fundamento de todas as especificidades do viver, em suas mais complexas relações e derivações, das ciências e da tecnologia, da história das comunidades e da própria filosofia” Claro que entre todas as especificidades encontram-se as ciências e as tecnologias. Portanto, qualquer marco regulatório relativo à ciência, tecnologia e inovação deveria necessariamente incorporar a questão ética em seu copo legal.

Reconhece o autor em questão que “O ser humano acabou por fazer da ciência sua verdade racional tendendo, especialmente na cultura ocidental, a fazer dela seu ídolo, ao qual tudo o mais – especialmente outras formas de racionalidade – é sacrificado”. Esta racionalidade específica já trouxe inúmeros graves problemas à humanidade, como, por exemplo, a produção de bombas atômicas e os acidentes com as tecnologias nucleares e seus impactos sociais, ambientais, econômicos, éticos.

Ricardo Timm de Souza nos indica, em uma de suas reflexões (com a qual concordamos) que “Uma das dimensões mais avessas ao controle externo é justamente a ciência, talvez por ter nascido, pelo menos na sua feição moderna, como uma espécie de superação dos muros externos de controle do pensamento”. Lembremos que hoje não há mais a temer muros externos de controle do pensamento, como a igreja o fez em passado distante. Hoje o controle social se refere ao controle que a sociedade deve ter sobre o desenvolvimento da ciência, ou seja, que pesquisas devem ser realizadas, e não sobre que métodos de pesquisas os cientistas deve usar.

Para este autor a “ciência é uma espécie de braço intelectual armado das lógicas hegemônicas de poder”. Claro que concordamos com esta afirmação, pois a ciência já há décadas transformada em tecnociência se faz presente respondendo prioritariamente as demandas de reprodução do capital, em especial, a demandas geradas pelo capital financeiro, já de anos aquele seguimento que se tornou hegemônico perante a sociedade capitalista.

A ciência não é neutra. Isto já foi assentado em inúmeras ocasiões por diferentes cientistas. Timm também reconhece este caráter da ciência presente em nossa contemporaneidade. Diz o autor “Tal como o ser humano, e exatamente como fruto de ser humano, a ciência nada tem de neutra. O mito da ciência neutra é muito conveniente a aqueles que a manipulam e que, com ela, manipulam outros”.

Observa este autor que a ciência moderna se instrumentaliza em tecnologia de invasão não só de átomos e moléculas, mas igualmente de povos e consciências. A conclusão do autor é a de que esta ciência não matem um parentesco evidente com a ética. Mas, destaca este autor que uma possível aproximação entre ambas está no fato de não serem neutras, porque ambas (ciência e ética) são produtos humanos e tudo que é humano não é neutro. Para o autor este é o ponto de partida que deve ser adotado nestas reflexões.

O que presenciamos em nossa contemporaneidade é a existência de uma “ciência sem consciência” que se caracteriza como uma contradição, que Timm chama de suicida e a vê materializada concretamente nos dilemas humanos-ecológicos do nosso planeta. Em oposição será que podemos ter uma “ciência com consciência”? É em Edgar Morin que Ricardo Timm de Souza vai busca elementos para sua reflexão. O que seria uma “ciência com consciência”? Significa uma ciência que tenha a ética como base. A consciência da ciência é a ética, o que implica a necessária reflexão do seu “antes”, “durante” e “depois”, reflexão do seu sentido humano e histórico e, direta ou indiretamente, do seu sentido vital. Portanto, ciência com consciência e possível nas condições acima indicadas pela dupla Edgar Morin / Ricardo Timm de Souza.

Cabe ao leitor após uma leitura atenta do chamado novo marco legal brasileiro de ciência, tecnologia e inovação e verificar se o mesmo contempla uma visão de “ciência sem consciência” ou de “ciência com consciência”.

O autor deste texto, em conjunto com o Prof. Dr. Ruy Braga, do Dep. de Sociologia da Universidade de São Paulo, publicaram na revista *Universidade e Sociedade* (BRAGA; MARTINS, 2007, p. 139-147) o texto “A tecnociência financeirizada: dilemas e riscos da nanotecnologia”. Os autores em questão apresentam a seguinte reflexão: “As antecipações de lucros futuros, muito comuns no mercado financeiros, tem pressionado instituições – universidades e empresas de pesquisas tecnocientíficas – do campo científico para apresentar resultados mercadologicamente atraentes, e em ritmo acelerado. Vivemos, atualmente, uma espécie de financeirização da ciência, com o ciclo comercial passando a frente do ciclo de inovação e exigindo do campo científico resultado de curtíssimo prazo cada vez mais espetaculares, no intuito de sustentar a agitação dos mercados financeiros”.

Para os autores em questão, encontramos-nos em um paradoxo do progresso tecnocientífico e, como sempre, devemos evitar, por um lado o catastrofismo e, por outro lado, o otimismo tecnológico inocente. Portanto, “Não se trata de ser ‘contra’ ou ‘a favor’ da nanotecnologia. Esta apresenta potencial para se tornar um poderoso instrumento a serviço do bem-estar dos trabalhadores. Afinal, quem não gostaria de poder contar com transportadores moleculares capazes de levar medicamentos exatamente para o interior das células doentes, por exemplo? Ou não gostaria de poder contar com aparelhos de diagnósticos hiperprecisos?”

Mas, os mesmos autores apontam que “como bem sabemos, o uso capitalista da nanotecnologia privilegia o lucro. E, nas condições sociais de financeirização neocapitalista contemporânea, um tipo de lucro de curtíssimo prazo. Avançar no debate sobre a nanotecnologia implica reconhecer a realidade da contradição existente entre as necessidades humanas e a acumulação de capital. E, uma tal compreensão deve necessariamente partir da relação de dominância da ciência pelo capital, ou seja, da imposição dos objetivos da valorização financeira sobre os da ciência”.

O novo marco legal brasileiro de ciência, tecnologia e inovação vem para consolidar essa relação de dominação da ciência pelo capital.

Os autores em questão identificam a opção pelo desprezo do debate público sobre o tema nanotecnologia e a opção pelo empreendedorismo individual como meio privilegiado da inovação como elementos constitutivos desta heteronomia onde a tecnociência subsistiu a rotina empírica transformando-se em força produtiva para o capital. Para superar

essas principais características dos valores neoliberais incorporados na problemática nanotecnológica, o primeiro passo será o reconhecimento desta situação real.

Expressamos aqui a sugestão aos leitores deste texto no sentido de terem acesso aos Informes Andes Especial (2016a, 2016b, 2016c). São três textos para que possamos iniciar nossa reflexão mais voltada ao texto do novo marco legal brasileiro de ciência, tecnologia e inovação, lei 13.242/16. A análise por nós realizada indicam alguns pontos que consideramos importantes para aqui serem citados como algumas vias de privatização

- 1) Vendas de empresas estatais;
- 2) Novas formas de captura dos fundos públicos por empresas privadas;
- 3) Parcerias público-privadas (PPP) das fundações “de apoio”;
- 4) Contrato com organizações sociais (os) para fornecimento de serviços públicos.

Esta nova lei de Ciência, Tecnologia e Inovação – lei de CTI – procura aplainar o terreno para gerar novos processos, produtos e serviços inovadores. Isto tem o significado de se produção novos conhecimento aplicados ao processo produtivo. Isto se materializa via financiamento da ciência da produção. Para tanto novas alianças estratégicas são estimuladas, pelo caminho de apoio as Instituições de Ciência e tecnologia /ICT e empresas.

Outro objetivo desta lei de CTI é atrair os centros de Pesquisa & Desenvolvimento de empresas estrangeiras para produzir inovação no Brasil. Na medida em que estas empresas multinacionais não dependem de inovações produzidas no Brasil para introduzir novos produtos no mercado brasileiro, pois as mesmas já dispõem de inovações produzidas em suas matrizes, o que realmente interessa é o acesso ao mercado brasileiro. Mas, este novo marco legal brasileiro de CTI não trata de estabelecer condições de acesso ao mercado brasileiro que pudessem impor a necessidade de que estas empresas tenham que fazer inovação no território brasileiro.

Outro objetivo deste arcabouço legal aqui discutido é transformar as atuais instituições de pesquisas em Instituto de Ciência e Tecnologia que serão entes públicos ou pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos. Isto vai estabelecer uma disputa interna em cada instituição de pesquisa para ver quem será/serão os novos “donos” destas instituições

criadas fundamentadas neste arcabouço jurídico. Cabe ressaltar que mesmo que o Instituto de Ciência e Tecnologia seja público, poderá ter seu planejamento e gestão de sua produção realizada por ente privado. Portanto, é a iniciativa que em última instância vai determinar os rumos das pesquisas neste país, mas, tudo isto fundamentalmente com recursos públicos.

Outra “inovação disruptiva” que indica um caminho a colocar os recursos públicos a disposição da iniciativa privada será via o compartilhamento de recursos materiais, financeiros, humanos e o “capital intelectual”. Concretamente, abre-se a possibilidade de que uma empresa e/ou seus proprietários não tenham que investir nada de recursos financeiros, pois, o compartilhamento acima especificado ira alavancar o desenvolvimento da empresa ate ela tomar posse de parte significativa do mercado a que seu produto se destina. Portanto, é o recurso público se tornando a base para a construção de mercados monopolizados e/ou oligopolizados.

Os chamados Núcleos de Inovação Tecnológica, já eram obrigatórios a sua existência nas instituições de pesquisas. Agora com esta nova legislação estes ganham personalidade jurídica, inclusive, podendo constituir-se enquanto uma Fundação de Apoio / Amparo a pesquisas. Mais uma vez, vai significar que fundos públicos estarão diretamente sendo canalizados a iniciativa privada.

Por fim, cabe deixar explicito que este marco legal aqui analisado abre as portas para o fim do regime jurídico único existente nas instituições de pesquisas brasileiras em que pesquisadores / professores são contratados via concursos públicos e passam a trabalhar em regime de dedicação exclusiva. Foi esta relação de trabalho a responsável pelo importante avanço nas pesquisas realizadas pelas entidades publicas de educação e pesquisas existentes no Brasil. O fim do regime de dedicação exclusiva e a contratação via Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT, significara a contração por projetos e com isto as instituições de pesquisas estarão deixando de construir a memória científica da instituição, pois, a cada projeto, uma equipe será montada e nenhum de seus membros ira continuar na instituição ao longo de décadas como se verificou até o final do século passado. Neste século, diversos institutos públicos vêm sendo sucateados, seus quadros de pesquisadores vem sendo dizimados, pois não ha concursos para reposição de pesquisadores que se aposentam e assim, áreas de pesquisas vem sendo fechadas. Tudo isto vem sendo feito

justamente para logo mais colocar em pratica o novo marco legal brasileiro de CTI.

Incorporamos a nossa análise a reflexão do Pesquisador Rogério Bezerra Silva do CAPI-DPCT/UNICAMP, com a qual concordamos: “O que o marco promove é uma apropriação privada dos recursos públicos. Diante do quadro de problemas de renda e riqueza no Brasil, esse marco vem justamente na contramão dessa distribuição, favorecendo a concentração de renda e favorecendo a desigualdade social ao deixar a ciência nas mãos da iniciativa privada”.

Este novo marco legal aqui analisado que foi uma peça organizada e politicamente defendida pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI – desloca a centralidade da produção e disseminação do conhecimento científico para o desenvolvimento de produtos, processos, métodos inovativos, o que em ultima instância significa conhecimentos produzidos para a Ciência da Produção. Além disto, os resultados das pesquisas não serão mais publicizados dado as parcerias público/empresas privadas. Embora inconstitucional (a publicização é uma dever explicitado na constituição brasileira), isto ira significar na prática o fim do conhecimento público a serviço da sociedade.

Conclusões preliminares

Cadê os trabalhadores? A forca de trabalho fundamental para desenvolvimento científico e tecnológico não foi transformada em um dos pilares deste marco legal. Estão fora, sendo apenas tratados em termos da implantação de nova forma de contratação do trabalho / CLT.

A questão central e colocar este arcabouço legal para viabilizar o financiamento da ciência da produção e este mesmo marco legal ignora a necessidade de produção de conhecimentos relativo a ciência dos impactos.

O objetivo é produzir novos conhecimentos para reduzir as incertezas dos processos produtivos. As nanotecnologias entram para assegurar isto. Tudo isto com recursos públicos transferidos aos interesses privados. Claro que este processo não tem qualquer controle ou participação social.

Não será com este novo marco legal de CTI que iremos combater a desigualdade social presente na sociedade brasileira. Muito pelo contrario como já foi demonstrado anteriormente. Não é o objetivo da CT&I em

geral e a nanotecnologia em particular, combater as desigualdades no Brasil. Isto tem sido apenas uma frase presente em editais de fomento a pesquisas, mas sem qualquer significado prático, ou seja, somente discurso. Consequência disto é a CTI no Brasil não contribui em nada para um processo de mudança da sociedade brasileira, embora tudo seja feito com recursos públicos.

O “*stablishment*” do desenvolvimento de CTI no Brasil acredita e faz seu discurso no sentido de que todos devemos acreditar que CTI irá “naturalmente” corrigir as desigualdades sociais no Brasil. Na verdade, se alguma coisa se conseguiu em termos de diminuir a desigualdade social na base da sociedade brasileira, não foi por alguma colaboração da CTI, mas sim por uma decisão política de vários governos, de reajustar o salário mínimo acima da inflação.

Cadê os Trabalhadores? Na verdade, estão excluídos de:

Opinar, participar, decidir, controlar os rumos do desenvolvimento das CTI, em especial das nanotecnologias;

Usar recursos públicos para produzir conhecimento sobre os impactos da CTI, em especial das nanotecnologias;

Ter sua saúde preservada as possíveis impactos advindos de novas tecnologias, em especial das nanopartículas;

É bom lembrar que os trabalhadores se escoram em posição especial em nossa sociedade, pois, estão dentro do processo produtivo, durante uma parte do dia e depois, enquanto cidadãos estão a receber o impacto deste processo produtivo em seus locais de transito e moradia;

É preciso deixar claro que o dinheiro público não pode se apropriado de forma irresponsável (como vem sendo feito) financiando somente a produção de conhecimentos para o capital. Isto só será alcançado quando o controle social do desenvolvimento da CTI e, em especial das nanotecnologias estiver consolidado;

Assim sendo, devemos começar por exigir que o desenvolvimento das CTI e, em especial, o desenvolvimento das nanotecnologias sejam discutidos em audiências públicas.

Questões que devem pontuar o debate político

1) Para quem serve este novo marco legal de CTI e o consequente desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação;

2) Quem será o proprietário deste desenvolvimento em todas as suas áreas;

3) Quem irá se responsabilizar se as coisas decorrentes deste marco legal e do desenvolvimento de CTI não derem certo.;

4) Tendo em vista que o novo marco legal de CTI amplia uma área cinzenta correspondente aos interesses privados misturados com interesses públicos, em quem a sociedade poderá confiar quando se fizer necessários distintos laudos sobre distintos fatos gerados neste processo de desenvolvimento das CTI;

5) Quem serão os incluídos e os excluídos deste processo de desenvolvimentos das CTI e em especial das nanotecnologias.

*Será que eu falei o que ninguém ouvia?
Será que eu ouvi o que ninguém dizia?
Não vou me adaptar...
a este novo marco legal de CTI*

Referências

ANTUNES, Arnaldo. *Não vou me adaptar*. Titãs, álbum Televisão, 1985.

EISTEIN, Albert. Disponível em: <<http://www.humi.com.br>>.

Informes Andes Especial. *Marco de ciência e tecnologia aprofunda privatização da produção de conhecimento*. Brasília, ANDES, abril de 2016b.

Informes Andes Especial. *MLCT&I flexibiliza dedicação exclusiva e conceito de pesquisa*. Brasília, ANDES, abril de 2016c.

Informes Andes Especial. *Os impactos privatistas do marco legal de ciência, tecnologia e inovação*. Brasília, ANDES, maio de 2016a.

MARTINS, Paulo Roberto; BRAGA, Ruy. A tecnociência financeirizada: dilemas e riscos da nanotecnologia. *Universidade e Sociedade*, ano v, Brasília, sindicato nacional dos docentes das instituições de ensino superior, xvii n.40, p. 139-147, julho de 2007.

MORIN, Edgard. *Por uma Globalização Plural*. Folha de São Paulo. Domingo, 31/3/02, p. A16.

SOUZA, Ricardo Timm de. Ética e (tecno)ciência: algumas questões fundamentais. II Seminários, São Paulo, 21/10/05. In: Martins, Paulo R. (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. Trabalhos apresentados

no segundo seminário internacional. São Paulo, Xamã Editora 2006. p 280-284.

TRAGTENBERG, Maurício. *A delinquência acadêmica*. Folhetim, Folha de S. Paulo, 03/12.1978 ;

TRAGTENBERG, Maurício. *A delinquência acadêmica*. *Revista Espaço Acadêmico*, nº 88, setembro de 2008. Disponível em: <<https://antoniozai.wordpress.com>>.

TRAGTENBERG, Maurício. *A delinquência acadêmica: o poder sem saber e o saber sem poder*. São Paulo: Rumo, 1979.

TRAGTENBERG, Maurício. *Administração, poder e ideologia*. São Paulo: Moraes, 1980.

TRAGTENBERG, Maurício. *Burocracia e ideologia*. São Paulo: Ática, 1974.

TRAGTENBERG, Maurício. *Sobre Educação, Política e Sindicalismo*. 2ª ed. vol 1. São Paulo: Editores Associados; Cortez, 1990.

O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO INTEGRANTES DO SISTEMA ACAFE

Reginaldo Pereira^{*}

Felipe Migosky^{**}

Introdução¹

Diante da ausência de norma expressa que imponha a observância de critérios de sustentabilidade socioambiental no marco legal brasileiro de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), o presente artigo trata da aplicação da precaução como princípio orientador de pesquisas que considerem os riscos socioambientais associados ao desenvolvimento científico e tecnológico, e está estruturado a partir do seguinte problema de pesquisa: As políticas de CT&I das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) integrantes do sistema Acafé são pautadas pelo princípio da precaução?

A resposta a tal questionamento exige a apresentação da estrutura normativa da CT&I no Brasil e no Estado de Santa Catarina. Em seguida abordam-se os pressupostos de aplicação do princípio da precaução e o seu conteúdo valorativo atual. Por fim, analisam-se as políticas de CT&I das ICTs integrantes do sistema Acafé à luz do princípio da precaução.

^{*} Doutor em Direito pela UFSC. Professor do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNOCHAPECÓ. Coordenador e Pesquisador do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ. E-mail: rpereira@unochapeco.edu.br.

^{**} Mestrando em Direito pela UNOCHAPECÓ. Professor do Curso de Graduação em Direito da UNOCHAPECÓ. Pesquisador do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ. E-mail: felipemig@unochapeco.edu.br.

¹ O artigo faz parte do projeto de pesquisa do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã da UNOCHAPECÓ, financiado pela FAPESC, intitulado: “Implicações Jurídicas do Marco Legal de Ciência e Tecnologia do Brasil para os Parques Tecnológicos e os Núcleos de Inovação e Transferência Tecnológica das Instituições de Ensino Superior Comunitárias de Santa Catarina do Sistema ACAFE”.

Marcos legais brasileiro e catarinense de CT&I

O fato de o conhecimento não poder ser apropriado desmotiva as empresas a investirem em atividades inovadoras, visto que os benefícios da inovação ultrapassam a figura da empresa. Por isso, os governos instituem as políticas de CT&I que visam a compensar o menor incentivo de mercado.

O marco legal para estimular a inovação no Brasil e dotar o sistema de inovação de maior segurança jurídica surgiu no ano de 2004, por meio da Lei Federal n. 10.973/2004, denominada Lei de Inovação.

A Lei de Inovação tem sua base nos artigos 218 e 219 da Constituição da República. O desenvolvimento científico, tecnológico e da inovação previsto em tais dispositivos concretiza o direito fundamental ao desenvolvimento disposto anteriormente no art. 3º, inciso II da Carta Fundamental².

O constituinte brasileiro cuidou de determinar nos §§ 1º e 2º do art. 218 o valor político da pesquisa no Brasil: “tendo em vista o bem público e o progresso da ciência, tecnologia e inovação” e “a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional”.

Barbosa (2015, p. 14-18) também ressalta outro dispositivo constitucional aplicável à CT&I é o art. 5º, inciso XXIX³, do qual se destaca a submissão da propriedade intelectual ao interesse social do país, ao invés do retorno dos investimentos às empresas.

A Lei de Inovação pretendeu alavancar a inovação tecnológica no Brasil por meio do estímulo à interação entre empresas e instituições científicas, tecnológicas e de inovação (ICTs).

Recentemente, a Lei nº 13.243/2016, publicada no Diário Oficial da União no dia 12 de janeiro de 2016, impactou significativamente na Lei nº

² Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: (...) II – garantir o desenvolvimento nacional.

³ Art. 5º (...) XXIX – a lei assegurará aos autores de inventos industriais privilégio temporário para sua utilização, bem como proteção às criações industriais, à propriedade das marcas, aos nomes de empresas e a outros signos distintivos, tendo em vista o interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do País.

10.974/2004. Dessa forma, o novo marco legal de CT&I do Brasil é representado pela Lei nº 10.974/04 com as alterações da Lei nº 13.243/16.

Entre as mudanças implementadas com o novo marco, destacam-se a formalização das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) privadas, a ampliação do papel dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), a diminuição de alguns dos entraves para a importação de insumos para pesquisa e desenvolvimento (P&D), a formalização das bolsas de estímulo à atividade inovativa, dentre outras ferramentas destinadas a fortalecer o estímulo à participação de ICTs em atividades de inovação associadas ao segmento produtivo (RAUEN, 2016, p. 24).

Por outro lado, perdeu-se a oportunidade de prever expressamente requisitos, metas e instrumentos para a consecução do desenvolvimento sustentável, e assim o marco legal brasileiro de CT&I revela pretensão de alavancar o desenvolvimento econômico do país desconsiderando os demais pilares da sustentabilidade, que são o social e o ambiental (PEREIRA, 2015).

O Estado de Santa Catarina, por sua vez, em 15 de janeiro de 2008, editou a Lei Ordinária nº 14.328, que estabelece medidas de incentivo à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo, visando à capacitação em ciência, tecnologia e inovação, o equilíbrio regional e o desenvolvimento econômico e social sustentável do Estado.

A lei catarinense, em suma, viabiliza a formulação e a avaliação da política de Ciência, Tecnologia e Inovação em Santa Catarina por um Conselho Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (CONCITI), presidido pelo Governador e integrado por representantes do Governo do Estado, do setor empresarial e das instituições educacionais e técnico-científicas; estimula o pesquisador público e as atividades de inovação nas ICTs do Estado⁴, a implantação dos Núcleos de Inovação Tecnológica

⁴ Consideram-se Instituições Científicas e Tecnológicas do Estado de Santa Catarina (ICTESC), de acordo com o art. 2º, IV, da Lei nº 14.328/2008, órgão ou entidade da Administração Pública do Estado de Santa Catarina que tenha por missão institucional, dentre outras, executar atividades de pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico.

(NITs)⁵, a participação das empresas na inovação tecnológica de interesse público, a participação do Estado em fundos de investimento em empresas inovadoras ou em aval de empréstimos, mediante prévia autorização da Assembleia Legislativa; consolida a política de incubadoras e parques tecnológicos, visando a novos negócios, trabalho, renda e competitividade; e institui o Prêmio “Inovação Catarinense”.

Porém, um dos méritos da referida norma está em prever, como objetivo primordial, o desenvolvimento sustentável. Não obstante, observa-se que os dispositivos da lei catarinense de inovação não trazem maiores referências à sustentabilidade, tampouco estabelecem limites, requisitos, metas ou prioridades à inovação tecnológica no Estado.

Entretanto, partindo-se da premissa de que toda lei deve obediência à Constituição, e que o aplicador da norma também deve sempre guiar-se pela concretização dos pressupostos estabelecidos na lei fundamental, é necessário compreender que, mesmo não tendo sido expressamente determinado nos marcos legais, deverão os seus agentes (empresas, governo e ICTs) priorizar a pesquisa sobre os impactos socioambientais da produção, limitar a pesquisa destinada ao aumento da produção, bem como desenvolver pesquisas que promovam tecnologias socioambientalmente sustentáveis.

Além disso, a proteção constitucional do meio ambiente frente ao avanço tecnológico é ainda mais ampla do que as regras expressas no texto fundamental. O ordenamento jurídico, que se irradia da Constituição, é dotado de outra espécie de norma hierarquicamente superior às regras, os princípios, que definem e cristalizam determinados valores sociais e, assim, auxiliam no entendimento, na identificação da unidade e coerência e na interpretação de todas as normas que compõem o sistema jurídico.

Consoante indicado na própria Lei Catarinense de Inovação, o desenvolvimento da inovação tecnológica deve respeitar os preceitos da

⁵ Considera-se NIT, de acordo com o art. 2º, VI, da Lei nº 14.328/2008, unidade de uma ICTESC constituída com a finalidade de orientar as atividades de inovação de interesse interno ou da sociedade.

Constituição Estadual⁶. E o art. 177 da Magna Carta estadual determina que a política científica e tecnológica terá como princípios: I – o respeito à vida, à saúde humana e ambiental e aos valores culturais do povo; II – o uso racional e não-predatório dos recursos naturais; III – a recuperação e a preservação do meio ambiente; IV – a participação da sociedade civil e das comunidades; V – o incentivo permanente à formação de recursos humanos.

Um dos princípios que possui estreita correlação com a CT&I e deve ser observado por todos os seus agentes, face à previsão contida no § 2º do art. 5º⁷ da Constituição Federal, e que também congrega vários princípios mencionados no dispositivo da Constituição Estadual acima transcrito, é o da precaução.

Princípio da precaução

O Direito Ambiental tem por objetivo primordial a antecipação aos danos, visto que, embora compensáveis, a maioria das lesões ambientais são irreparáveis, do ponto de vista da ciência e da técnica (MILARÉ, 2007, p. 767).

Ruiz (*apud* MACHADO, 2006, p. 72) ensina que até meados da década de 1980, predominava nos instrumentos jurídicos internacionais a determinação de que as medidas ambientais seguissem os apontamentos da ciência, e que, a partir de então, passou-se a adotar uma posição mais defensiva em decorrência da possibilidade de erros científicos e da própria ausência de produção científica.

Na opinião de Pardo (2015, p. 169), no princípio da precaução “condensa-se a posição atual e mais generalizada que adota o direito perante a incerteza científica”. Sua origem, ainda com o conteúdo bastante limitado, orientando “a atuação dos poderes públicos no sentido de que

⁶ Art. 1º Esta Lei estabelece medidas de incentivo à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo, visando à capacitação em ciência, tecnologia e inovação, o equilíbrio regional e o desenvolvimento econômico e social sustentável do Estado, *em conformidade com os arts. 176 e 177 da Constituição do Estado de Santa Catarina* (grifos nossos).

⁷ Art. 5º (...) § 2º – Os direitos e garantias expressos nesta Constituição não excluem outros decorrentes do regime e dos princípios por ela adotados, ou dos tratados internacionais em que a República Federativa do Brasil seja parte.

devem valorar e ter em conta as implicações ambientais que possam ter suas decisões e atuações”, ocorreu na década de 1970, na Alemanha.

Após isso, seguiu-se a afirmação do princípio em declarações internacionais como a do Rio de Janeiro de 1992 e a consolidação na jurisprudência da União Europeia e também dos Estados Unidos, logo em seguida sendo apropriado pelo discurso político e pela opinião pública (PARDO, 2015, p. 170).

O pressuposto do princípio da precaução é a incerteza científica, pois a sua função é justamente decidir quando há suspeita de efeitos perigosos ao meio ambiente e à saúde. E a incerteza pode ser originária, quando a aplicação da técnica precede o conhecimento científico sobre ela, ou superveniente, quando, após sua implementação, o avanço do conhecimento científico detecta riscos relacionados àquela técnica que até então não haviam sido identificados (PARDO, 2015, p. 172-173).

O princípio 15 da Declaração do Rio de Janeiro/92, mitigando a falta de conhecimento científico e salientando a necessidade de cuidado ambiental, preconiza que “quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”,

Duas acepções operam sobre o princípio da precaução: uma que remonta a seus primórdios, em que a precaução atua como princípio que precede a elaboração das normas relativas a assuntos que envolvem risco, e outra mais recente, segundo a qual ele é aplicado diretamente no momento decisório (PARDO, 2015, p. 171).

Evidenciando a função normativa do princípio em referência, o §1º do art. 225 da Constituição Federal impõe ao Poder Público uma série de obrigações para assegurar a efetividade do direito (fundamental) ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, dentre as quais se destaca o controle da produção, da comercialização e do emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (inciso V).

Ao comentarem sobre o princípio da precaução, Leite e Ayala enfatizam, sob uma perspectiva democrática, que:

(...) ao contrário do que se poderia argumentar, a aplicação do princípio da precaução não produz um divórcio com a atividade científica nem pretende superar ou substituir a investigação, mas,

antes, reforça a sua importância, situando-a em uma abordagem em benefício da proteção dos direitos fundamentais. Diante da inexistência de informação suficiente que esteja disponível no momento em que se exige a decisão sobre o produto ou atividade, orienta um duplo sistema de obrigações, que compreende a obrigação de investigar e a obrigação de optar pela aplicação das medidas mais adequadas, de acordo com os elementos apresentados pelo conflito. (LEITE; AYALA, 2004, p. 80)

Machado (2006, p. 63) reforça que “a implementação do princípio da precaução não tem por finalidade imobilizar as atividades humanas. Não se trata da precaução que tudo impede ou que em tudo vê catástrofes ou males”.

A aplicação do princípio da precaução gera medidas de exceção, assim chamadas porque tornam sem efeito as normas existentes, como, por exemplo, na determinação de retirada de um produto do mercado que havia observado todas as condições que se impunham sobre ele. Em virtude disso, segundo o direito europeu, essas medidas devem observar critérios de proporcionalidade e ser provisórias, o que, segundo Pardo (2015, p. 173-174), será determinado pela própria ciência.

Por sua vez, Leite e Ayala (2004, p. 83-86) ponderam que as medidas estabelecidas na Constituição em torno do direito ao meio ambiente não devem ser encaradas como valores absolutos, pois o princípio da precaução está associado a níveis de tolerabilidade, sendo sua aplicação um exercício de determinar o nível de risco aceitável para a sociedade, que deve ser realizado a partir de sólidas bases democráticas, permitindo que a informação seja compartilhada com a sociedade, ao invés de restrita ao meio científico.

A efetividade na aplicação do princípio da precaução pressupõe “suplantar a pressa, a precipitação, a improvisação, a rapidez insensata e a vontade de resultado imediato” (MACHADO, 2006, p. 75), pela “identificação e avaliação da integralidade dos bens e valores envolvidos no processo de ponderação” (LEITE; AYALA, 2004, p. 92).

Derani (2001, p. 172) problematiza o objetivo da precaução, pois, ao invés de orientar a avaliação dos riscos de se fazer algo, “o critério geral para a realização de determinada atividade seria a sua ‘necessidade’ sob o ponto de vista de melhora e não prejudicialidade da qualidade de vida”.

Interessante observação é feita por Machado (2006, p. 75s) quando agrega o princípio da precaução aos princípios que predominantemente

regem a administração pública, em especial ao da eficiência, pois afirma o autor que este só é atendido quando observado o dever de exigir e praticar medidas de precaução.

Além disso, o princípio da precaução conduz a uma nova atitude frente à irresponsabilidade organizada, conceito formulado por Beck (1998, p. 223) ao verificar que a sociedade se converteu num grande laboratório das corporações tecnológicas.

O incentivo à inovação tecnológica é um campo em que o princípio da precaução tem grande necessidade de observância, pois, embora seja consenso atual a necessidade de inovação para a sustentabilidade econômica, a aventura desmedida pela conquista de novas fórmulas de sucesso faz do incerto o motor de um processo vicioso, dado que a um acerto econômico pode estar atrelada uma infinidade de riscos socioambientais abstratos ou concretos.

Antes de adentrarmos na análise dessa correlação entre o princípio da precaução e a inovação tecnológica, é necessário pontuar que o princípio não tem aceitação universal, pois também é criticado por seu efeito paralisante, sendo aceito por uma parcela de estudiosos apenas numa concepção fraca.

Nesse sentido, Sustain (2012, p. 28) identifica o sentido forte da precaução “como determinando que a regulação será necessária sempre que existir um risco possível à saúde, à segurança ou ao meio ambiente, ainda que os elementos de prova sejam especulativos e que os custos econômicos da regulação sejam elevados”.

Todavia, defende um modelo fraco de precaução, que seria aplicável da seguinte forma:

Para uma versão fraca, a principal tarefa consiste em encontrar maneiras de fazer coincidir a extensão da prova com a extensão da resposta. Provas fracas do risco de dano, por exemplo, podem sustentar que se exijam estudos mais profundos sobre a questão, enquanto provas um pouco mais fortes podem justificar a divulgação pública do risco e provas ainda mais fortes podem embasar a adoção de controles regulatórios. (SUSTEIN, 2012, p. 28)

A partir dessa dicotomia, parte-se ao exame de políticas universitárias de inovação a fim de desvendar se há previsão de que as suas ações de promoção da inovação sejam orientadas pelo princípio da

precaução, e, se houver, qual a sua medida de restrição, isto é, se forte ou fraca.

O princípio da precaução nas políticas de CT&I das ICTs integrantes do sistema ACAFE

A modificação do conceito de Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT) promovida pela Lei n. 13.243/16 possibilitou que não apenas órgãos e entidades da Administração Pública imbuídos da pesquisa e desenvolvimento se beneficiem de seus instrumentos, mas também as pessoas jurídicas de direito privado sem fins lucrativos que tenham o mesmo objetivo, a exemplo das Instituições Comunitárias de Educação Superior, com forte presença no Estado de Santa Catarina.

As obrigações previstas na Lei de Inovação, por sua vez, parecem mais brandas para as ICTs de direito privado sem fins lucrativos. Por exemplo, o seu art. 15-A, acrescentado pela Lei n. 13.243/16, estabelece somente que “A ICT de direito público deverá instituir sua política de inovação”. O mesmo se observa com relação aos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), de constituição obrigatória, segundo o marco legal de CT&I, apenas para as ICTs de direito público (art. 16).

Contudo, é sabido que as ICTs de direito privado se espelham no sistema público e já possuem muitos NITs espalhados pelo país, assim como políticas de inovação para orientarem suas atividades nessa área, ações que sabidamente adquirem percentual significativo no conjunto das ICTs brasileiras.

Isso também ocorre no Estado de Santa Catarina, a despeito de sua Lei de Inovação não ter recebido alterações similares às do marco legal brasileiro – ou seja, na legislação regional as ICTs permanecem conceituadas apenas como órgãos ou entidades da Administração Pública Estadual encarregadas da pesquisa, de modo que a incumbência legal de estabelecer sua política de estímulo à inovação recai apenas sobre elas.

De acordo com seu estatuto, a Associação Catarinense das Fundações Educacionais – ACAFE tem o objetivo de congrega e integrar as entidades mantenedoras do ensino superior no Estado de Santa Catarina, ou seja, as fundações educacionais criadas por lei dos Poderes Públicos Estadual e Municipais.

Em seu site, verifica-se que o Sistema ACAFE é composto atualmente por 16 Instituições de Ensino Superior (IES). Relativamente à

natureza jurídica das entidades associadas, Siewerdt, em nota de rodapé, explica que:

Destas, três são públicas de direito público. Uma estadual, a UDESC, e duas municipais: a FURB e a USJ. Das três, a FURB é a única que pratica o ensino pago. Do conjunto, ainda uma, a IELUSC, é privada em sentido estrito e de caráter confessional. As demais foram criadas por lei municipal e caracterizadas em sua natureza jurídica como Fundações Públicas de Direito Privado. (SIEWERDT, 2010, p. 13)

O universo de pesquisa adotado se justifica pelo fato de que as fundações educacionais instituídas no Estado de Santa Catarina foram muito importantes para a difusão da educação superior no Estado, portanto também se verifica relevante analisar a sua contribuição para a promoção da inovação em Santa Catarina, e mais ainda, de uma inovação sustentável, notadamente considerando a inclusão expressa da sustentabilidade socioambiental na Lei Catarinense de Inovação e na Constituição Estadual.

Na tabela abaixo, discriminam-se todas as Universidades integrantes do Sistema ACADE, bem como identificam-se aquelas sobre as quais foi possível encontrar, em seus sites e em site de pesquisa, uma política de CT&I.

Tabela 1. Instituições do Sistema ACADE em que foi encontrada política de inovação

Instituição	Sede	Política de Inovação
FURB – Universidade Regional de Blumenau	Blumenau	Sim
UNIFEBE – Centro Universitário de Brusque	Brusque	Não
UNIBAVE – Centro Universitário Barriga Verde	Orleans	Não
UNIDAVI – Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí	Rio do Sul	Não
CATÓLICA SC – Católica de Santa Catarina	Jaraguá do Sul	Não
UNIPLAC – Universidade do Planalto Catarinense	Lages	Não
UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense	Criciúma	Não
UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville	Joinville	Não
UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí	Itajaí	Sim
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina	Florianópolis	Sim
UnC – Universidade do Contestado	Mafra	Não
UNOESC – Universidade do Oeste de	Joaçaba	Sim

Santa Catarina		
UNOCHAPECÓ – Universidade Comunitária da Região de Chapecó	Chapecó	Sim
USJ – Centro Universitário Municipal de São José	São José	Não
UNIARP – Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe	Caçador	Não
UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina	Tubarão	Sim

A FURB teve sua Política de Inovação, Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia instituída pela Resolução nº 041/2012, a qual trata quase que exclusivamente da proteção dos direitos de propriedade intelectual e, por isso, prevê somente a avaliação econômica das criações desenvolvidas na instituição.

A Política Institucional de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da UNIVALI, estabelecida pela Resolução n. 149/CONSUN/2014, revela desde os seus “considerandos” a preferência por uma inovação propulsora do desenvolvimento econômico, sem critérios de promoção da sustentabilidade socioambiental e também desprovida de cláusulas que determinem a análise e o controle de riscos ambientais.

A mencionada resolução também cria o Núcleo de Inovação Tecnológica e a Central de Laboratórios de Ensaio Analíticos na instituição. Apenas timidamente, na seção que trata dos objetivos deste último órgão, encontram-se o de proporcionar a introdução dos conceitos de boas práticas de segurança e o de desenvolver e validar novos métodos de controle de qualidade ecologicamente corretos, porém economicamente viáveis.

A UDESC criou o seu Programa Institucional de Inovação por meio da Resolução n. 090/2014 – CONSUNI, que, após descrever alguns conceitos em seus primeiros cinco artigos, declara em seus objetivos a ênfase no fortalecimento da cultura e economia Catarinenses.

A única parte que trata de riscos se refere à proteção de possíveis prejuízos patrimoniais, ao impor, no capítulo que normatiza o compartilhamento e permissão de uso da infraestrutura da UDESC, “que as empresas e organizações interessadas deverão responsabilizar-se pelas obrigações trabalhistas e seguro contra acidentes de seus colaboradores e pessoal que porventura vier a participar da execução do projeto, bem como de seguro de responsabilidade civil geral com patrimônio do Laboratório/UDESC”.

A Política de Pesquisa e Inovação da UNOESC, regulamentada pela Resolução Nº 203/CONSUN/2011, indica logo no seu início uma mudança de paradigma, ao estabelecer como fundamentos, dentre outros, o comprometimento com o processo de desenvolvimento social e sustentável e o comprometimento com a geração e a difusão do conhecimento científico, artístico, cultural e tecnológico como dinâmica para a promoção da cidadania e do desenvolvimento regional sustentável.

Porém, um pouco mais à frente, o documento revela que a sustentabilidade preferida é a econômica, na medida em que propõe num de seus objetivos a busca por “alternativas de sustentabilidade, sem prejuízo à ética e ao meio-ambiente”.

Em relação à UNOCHAPECÓ não foi encontrada uma política abrangente de inovação, mas especificamente a Política Institucional de Propriedade Industrial e Transferência de Tecnologia, aprovada pela Resolução n. 032/CONSUN/2010, cujo teor é compatível com esse objeto mais estreito, isto é, ocupa-se unicamente de aspectos ligados à titularidade, divulgação, registro e transferência das criações e à distribuição de seus benefícios econômicos.

Apenas uma pequena restrição, porém de cunho ético, é feita com relação à utilização de material biológico humano, que está condicionada a parecer prévio e favorável dos respectivos Comitês de Ética na Pesquisa da Universidade.

Por fim, observa-se que a UNISUL caminha no mesmo sentido quando o assunto é a formulação de uma política de inovação. Isso porque, por meio da Resolução n. 15/2010 – PRESI, também se limitou a regulamentar a Política de Propriedade Intelectual, em termos bem semelhantes à UNOCHAPECÓ.

Conclusão

O marco legal brasileiro de CT&I ofereceu aos agentes da inovação diversos instrumentos para o desenvolvimento econômico, silenciando a respeito de requisitos capazes de vinculá-lo à sustentabilidade socioambiental. A lei catarinense mencionou o desenvolvimento sustentável, mas sem prever como alcançá-lo.

Mas nem por isso o cuidado com o pilar social e com a base ambiental deve ser esquecido. Primeiramente, trata-se de uma conclusão lógica decorrente da premissa de que, sem a biosfera, não há humanidade

e, portanto, economia. Também porque a Constituição Federal insere a pesquisa científica e tecnológica e a inovação num contexto de promoção do bem público e da resolução dos problemas brasileiros (dentre os quais se destacam a degradação ambiental e a desigualdade social), bem como exige de todos a defesa e a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações. A Constituição do Estado de Santa Catarina estabelece princípios que determinam a adoção de critérios socioambientais na política científica e tecnológica. A tudo isso, soma-se ainda o princípio da precaução.

Este princípio, numa visão forte, pode ser compreendido como a necessidade de evitar a inserção de qualquer elemento no mercado ou mesmo no meio social quando há dúvida sobre sua potencialidade de causar danos ambientais graves, podendo essa dúvida ser dissolvida por meio do aprofundamento da investigação científica, permitindo assim a distribuição do produto ou da atividade.

Já sob uma perspectiva fraca, a precaução adquire diferentes graus de aplicação, em proporção ao nível da prova produzida sobre o risco.

A partir desse arcabouço normativo que dá fundamento à regulamentação infraconstitucional da CT&I, esperava-se encontrar nas políticas de inovação das ICTs integrantes do Sistema ACAFE medidas capazes de frear a busca do crescimento econômico puro, indiferente às suas possíveis consequências danosas para a sociedade e o ambiente.

Porém, a análise realizada no presente artigo demonstra que, das seis ICTs cujas políticas de CT&I foram encontradas na internet, isto é, mais de um terço das integrantes da ACAFE, e que estão localizadas em todas as regiões do Estado de Santa Catarina⁸, nenhuma previu critérios de precaução, nem mesmo fracos.

⁸ A FURB possui *campi* na Região do Vale do Itajaí, bem como a UNIVALI, que também se encontra na Grande Florianópolis. A UDESC é a instituição mais descentralizada, com presença em todas as regiões: Extremo Oeste, Grande Florianópolis, Nordeste, Planalto Serrano, Planalto Norte, Serrana, Sul e Vale do Itajaí. A UNOESC se ramifica no Extremo e no Meio Oeste, a UNOCHAPECÓ está concentrada apenas no Extremo Oeste e a UNISUL ocupa as regiões Sul e da Grande Florianópolis.

Referências

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DAS FUNDAÇÕES EDUCACIONAIS. *Endereço das instituições do sistema ACAFE*. Disponível em: <<http://www.new.acao.org.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DAS FUNDAÇÕES EDUCACIONAIS. *Estatuto*. Disponível em: <<http://www.new.acao.org.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

BECK, Ulrich. *Políticas ecológicas en la edad del riesgo*. Madri: El Roure, 1998.

DERANI, Cristiane. *Direito ambiental econômico*. 2. ed. São Paulo: Max Limonad, 2001.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. *Resolução n. 90, de 16 de outubro de 2014, do Conselho Universitário*. Cria e normatiza o Programa Institucional de Inovação e o Programa de Bolsas para Inovação da Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Disponível em: <<https://www.unisul.br>>. Acesso em: 29 dez. 2016.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. *Resolução n. 15, de 8 de março de 2010, da Presidência*. Dispõe sobre a regulamentação da propriedade intelectual no âmbito da Fundação Unisul e Unisul. Disponível em: <<https://www.unisul.br>>. Acesso em: 29 dez. 2016.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU. *Resolução n. 41, de 22 de outubro de 2012*. Institui a Política de Inovação, Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia da FURB, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.furb.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. *Direito ambiental na sociedade de risco*. 2. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2004.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito ambiental brasileiro*. 14. ed. rev. atual e ampl. São Paulo: Malheiros, 2006.

MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco : doutrina, jurisprudência, glossário*. 5. ed. ref. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007.

PARDO, José Esteve. *O desconcerto do Leviatã: política e direito perante as incertezas da ciência*. São Paulo: Inst. O Direito por um Planeta Verde, 2015.

PEREIRA, Reginaldo. O desenvolvimento sustentável no âmbito do marco legal de ciência e tecnologia no Brasil. *Revista Jurídica da FA7*, v. 12, p. 48-70, 2015.

RAUEN, Cristiane Vianna. O novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-Empresa. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*, v. 2, p. 21-35, 2016.

SIEWERDT, Maurício José. *Público, comunitário, privado?* O dilema das IES do Sistema ACADE/SC. In: XXV Simpósio Brasileiro e II Congresso Ibero-Americano de Política e Administração da Educação. Jubileu de Ouro da Anpae (1961 - 2011), 2011, São Paulo. Disponível em: <<http://www.anpae.org.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

SUSTEIN, Cass R. Para além do princípio da precaução. *Revista de Direito Administrativo - RDA*, Rio de Janeiro, v. 259, p. 11-71, jan./abr. 2012. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br>>. Acesso em: 18 out. 2016.

UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ. *Resolução n. 32, de 18 de março de 2010, do Conselho Universitário*. Aprova a Política Institucional de Propriedade Industrial e Transferência de Tecnologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA. *Resolução n. 203, de 14 de dezembro de 2011, do Conselho Universitário*. Regulamenta a política de pesquisa e inovação da Unoesc. Disponível em: <<http://www.unoesc.edu.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ. *Resolução n. 149, de 16 de dezembro de 2014, do Conselho Universitário*. Estabelece as diretrizes da Política Institucional de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Universidade do Vale do Itajaí, e institui o Núcleo de Inovação Tecnológica - UNIINOVA e a Central de Laboratórios de Ensaio Analíticos - CLEAN. Disponível em: <<http://www.univali.br>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

APPLYING NANOTECHNOLOGY TO FERTILIZER: RATIONALES, RESEARCH, RISKS AND REGULATORY CHALLENGES

Steve Suppan*

Introduction

For the companies and non-governmental organizations that presume investment in precision agricultural technology will help 'feed the world,' dependence on more efficient use of chemical fertilizers to increase crops yields poses both economic and environmental challenges. This article summarizes two proposed applications of nanotechnology to increase nutrient efficiency uptake and reduce the percentage of nitrogen that leaches into ground and surface water as nitrates and that volatilizes as the very potent greenhouse gas, nitrous oxide. One approach is a proof of concept that relies on a nano-biosensor embedded in a biopolymer fertilizer coating to release just in time amounts of nutrients in response to electro chemical signals from the root system (rhizosphere). The other laboratory tested approach is to amend soil samples with aqueous nano-clays, which create micro-structures to reduce and delay the nitrate loaded runoff and the release of nitrous oxide. Neither approach, in our analysis, is without problems. But as long as industrial scale crop production depends on chemical fertilizers and forgoes intensified crop rotation and systemic use of cover crops – we anticipate that nanotechnology will be among the technologies of so-called precision agriculture called on to make the intensification of crop production environmentally sustainable.

Rationales for applying nanotechnology to fertilizer

The reports of the Global Harvest Initiative (GHI), “a private sector policy voice for increasing productivity and sustainability throughout the agricultural value chains for food, feed, fiber and fuel” (GHI, 2016)

* Institute for Agriculture and Trade Policy.

illustrate a global agribusiness approach to “feeding the world”. GHI members include Monsanto, Mosaic (a fertilizer company that was formerly part of Cargill), Dow Elanco Animal Health, John Deere, Novozymes, DuPont, and Farmland Partners, a large and fast-growing Real Estate Investment Trust (THOMAS, 2016). Consulting partners to the members include universities, nongovernmental organizations, corporations, and publicly funded development banks, such as the Inter-American Development Bank (IADB).

Latin American regional version of the GHI reports and analytic framework have been facilitated, adapted and translated by IADB. The Brazilian report, “O próximo celeiro global: Como a America Latina pode alimentar o mundo” [“The next global granary: how Latin America can feed the world”] repeats the GHI solution to a forecast shortfall in agricultural production for low income countries¹: “O caminho a ser seguido: Investindo na agricultura ALC” [“The path to follow: invest in Latin American/Caribbean Agriculture”]. The areas of investment include agricultural technologies and expanding trade towards realizing an environmentally “sustainable intensification” of crop and animal production and exports of that production to low-income countries (IADB, 2014).

The Brazilian government (2015) advocates for and invests in “precision agriculture” for major export crops with the goal of increasing yields by up to 67 percent. The assumption of ever greater yields on ever more planted hectares² would entail ever greater use of fertilizer, unless there is a major fertilizer technology change or large scale adoption of good agricultural practices to increase soil health and water retention capacity. According to the International Plant Nutrition Institute (2016), the application of nitrogen, potassium and phosphorus in Brazil went from about 7.4 million metric tons in 2000 to about 15.2 million metric tons in 2014. Even if you do not share the view that the current rate of phosphorus use is unsustainable (CLABBY, 2010), it is not that GHI members and major agribusiness exporting countries will agree on how to make that use sustainable and implement such an agreement.

¹ GHI (Global Agricultural Productivity). Figure 7: Food Demand Compared to Agricultural Output TPF [Total Productivity Factor]. Growth in Latin America/Caribbean 2000-2030.

² Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasil 2015/2016 a 2015/2026 Tabla 3. Available in: <<http://www.agricultura.gov.br>>.

Among the technologies of precision agriculture, nanotechnology is among those proposed to “end hunger” (PANDIKA, 2016). The agri-nanotechnological imperative was neatly summarized by a U.S. researcher: “The population is increasing, the climate is changing, making agriculture hard to do. The role of nanoparticles is to help us address this major problem. We just can’t produce enough food” (PANDIKA, 2016). While many would disagree with this neo-Malthusian assessment, fewer would disagree that globally fertilizer use is grossly excessive in some parts of the world and deficient in other parts, particularly Africa.

According to Professor Stephen Carter, “We’ve changed nitrogen and phosphorus cycles vastly more than any other element. (The increase) is on the order of 200 to 300 percent. In contrast, carbon has only been increased 10 to 20 percent and look at all the uproar that has caused in the climate” (ARCE, 2015). Whether viewed globally, in terms of nitrous oxide released as a greenhouse gas, or more locally, in terms of nitrates that runoff from agricultural fields into streams, rivers, lakes and subterranean aquifers, the negative environmental impacts of current chemical fertilizer use and practices are undeniable.

In the United States, decades of voluntary programs to reduce fertilizer runoff from agriculture polluting lakes and rivers, including the Mississippi River, have failed (MARCOTTY, 2016). An lawsuit by a U.S. municipal water works forced to spend about a \$1.5 million in 2015 to filter agricultural nitrates out of drinking water goes to trial before a state supreme court in June 2017 (ROOD, 2016). However, that court declared in January that the water works could not collect damages from the water districts to offset the costs of filtration. The court maintains that rural drainage districts are immune from damages because their legal purpose was only to drain farmland to increase crop production, not to regulate agricultural runoff (TIDGREN, 2017). If neither voluntary fertilizer and agricultural runoff programs nor lawsuits can result in reduced nitrate pollution of surface and subterranean waters, the appeal for precision agriculture advocates of a technological solution, which is profitable for the fertilizer companies and enables current production and trade practices, is a logical consequence.

The high percentage of fertilizer nutrient loss – notwithstanding the fertilizer production certification³ and nutrient stewardship seminars of the International Fertilizer Industry Association⁴ – is driving investment in high technological solutions to reduce nutrient loss and the resulting pollution of urban and rural water by nitrates. For purposes of this lecture, notwithstanding internet advertisements for “NanoAg” and similar soil treatments⁵, we are assuming that neither nanotechnology enabled fertilizers nor Engineered Nanoscale Materials (ENMs) in fertilizer have been detected and characterized in commercially available fertilizers and/or soil amendment products.

Of the possible applications of ENMs and nanotechnology to fertilizer nutrients and to amending the soil, using nanotechnology to retard and better target controlled release fertilizers, using nano-clays to structure the soil, are prominent on the list (GHORMADE et al., 2011). Nano-clays have thermal and mechanical properties that have many industrial uses, e.g. building micro-structures to strengthen and resist the aging of cement (MORSY; ALSAYED; AQEL, 2010). Not surprisingly, then, nanomaterial composites have also been shown to strengthen and stabilize the geological properties of soil (CHANGIZI; HADDAD, 2015). Understanding how nano-clay composites affect the inorganic-organic material soil interface will present greater analytic and practical challenges. According to one survey article, “By their nature and surface properties, nanoparticles in soil participate in essential ecological services, ranging from regulating water storage and element cycling, through sorbing and transporting chemical and biological contaminants, to serving as a source or sink of organic carbon and plant nutrients” (THENG; YUAN, 2008). How such ecological services and the bacterial and micro-fauna engineers of those services will be affected by application of nano-clay composites, at a scale and frequency to reduce significantly the nitrate contamination and greenhouse gas production of multiple applications of chemical fertilizers to soil, year end and year out, is the end point question of this article.

³ INTERNATIONAL FERTILIZER ORGANIZATION. *Product Stewardship*. Available in: <<http://www.fertilizer.org/ProductStewardship>>.

⁴ INTERNATIONAL FERTILIZER ORGANIZATION. *Nutrient Stewardship*. Available in: <<http://www.fertilizer.org/NutrientStewardship>>.

⁵ The NanoAg Answer[®]. Available in: <<http://www.urthagriculture.com>>.

Controlled release fertilizer: economic challenges for a current technology to reduce nitrate runoff and nitrous oxide volatilization

Controlled release fertilizers (CFRs), commercialized for at least twenty years and applied to ornamental gardens and lawns, are intended to increase the efficiency of fertilizer nutrient use and reduce nitrate runoff in water. The CFRs that are proposed for nanotechnology application are polymer coated. The thickness of the coating or coatings and the mix of nutrient that are coated determines the release rate of the coated fertilizer nutrients. For example, Osmocote^R, a Scott Sierra product, can release nutrients from a 3-4 month period to a 14-16 month period, according to the company (LANDIS; DUMROESE, 2009). However, CRF is much more expensive than fertilizer applied to row crops. The controlled release fertilizer global market, valued at about \$2.2 billion in 2014, was projected to grow to about \$3.2 billion by 2020⁶. Even so the CRF market is dwarfed by the \$175 billion uncontrolled release fertilizer market of 2013⁷.

For row crop commodities selling to agribusiness processors and traders at below the cost of production, adding to the cost of production by applying the more expensive CRFs, would drive agricultural producers further in debt. For example, in 2014 fertilizer costs were about 40 percent of all operating costs for planting maize (about \$149 of about \$357 per acre planted). U.S. farmers lost an average of \$86.62 per acre maize planted⁸. U.S. taxpayers compensate farmers for the market failure to pay prices above the cost of production. For example, the Congressional Budget Office estimates that maize farmers will receive \$4.1 billion under the in Fiscal Year 2014- 2015⁹. But this compensation is not tied to adopting good agricultural practices to reduce nitrogen fertilizer use on the nitrogen hungry corn.

⁶ Controlled release fertilizers global market. 2014. Reported in: <<http://www.marketsandmarkets.com>>.

⁷ The ETC Group. *Breaking Bad: Big Ag Mega-Mergers in Play*. December 2015, p. 6. <<http://www.etcgroup.org>>.

⁸ United States Department of Agriculture Economic Research Service. *Commodity Costs and Returns: Corn*. October 3, 2016. Available in: <<https://www.ers.usda.gov>>.

⁹ Congressional Budget Office. *CBO's January 2016 Baseline for Farm Programs*. January 25, 2016, p. 6. Available in: <<https://www.cbo.gov>>.

Indeed, because the Farm Bill's commodity program payments are tied to a formula of acreage planted and an average of historical crop yields, there is a positive incentive to overuse nitrogen fertilizer on maize and other row crops, despite its well-known nitrate contamination of water. Nor does this taxpayer-funded compensation cover the cost of nitrate filtration to make drinking water potable, estimated at \$88 million for the San Joaquin (California) Valley¹⁰. On a larger scale, "The estimated cost of environmental damage from reactive nitrogen emissions is between €70 billion and €320 billion in the European Union alone"¹¹.

The current U.S. crop program policy economics do not provide an economic incentive to expand the use of the more expensive CRF from ornamental gardens to commercial agriculture. However, the mounting negative environmental and human health costs of fertilizer use and overuse, combined with the likelihood of higher raw materials costs of commercial fertilizers, are driving research into applications of nanotechnology to improve the nutrient uptake efficiency and reduce the negative environmental and public health costs of fertilizer use and overuse.

For example, according to a U.S. Department of Agriculture summary of an article by scientists at the Brazilian Agribusiness Research Corporation (EMBRAPA in the Portuguese acronym), by adding a nanocomposite polymer to urea, "[I]n a field experiment nitrous oxide emissions were reduced by more than 50% compared to emissions when the same amount of urea was as fertilizer to a winter wheat crop" (PERRIERA, 2015). If manufacture of such a nanotechnology enabled slow release fertilizer could be made affordable for farmers in the current low price environment for row crops, it might be possible to induce adoption, through a mixture of policy and economic incentives. One of the nano-composite polymers used in the USDA/EMBRAPA nanotechnology enabled urea fertilizer pellet project, polycaprolactone (PCL), has the technical virtue of being degraded slowly by micro-organisms (e.g. bacteria and fungi) and the economic virtue of being easy and cheap to manufacture (WOODRUFF;

¹⁰ *The Human Costs of Nitrate-contaminated Drinking Water in the San Joaquin Valley*. Pacific Foundation, 2011, 45 Table 12. Costs of proposed projects noting multiple sources of contamination or system-level needs, including nitrates.

¹¹ The ETC Group. *Breaking Bad: Big Ag Mega-Mergers in Play*. December 2015, p. 6. Available in: <<http://www.etcgroup.org>>.

HUTMACHER, 2010). PCL has become a polymer of choice for using in drug delivery for implanted medical devices. What results from experiments on slow release drug delivery over a 3-4 year period can inform the use of PCL to deliver slow release of fertilizer nutrients? Technical and economic virtues of PCL may not also result in sustainable environmental benefits in field conditions.

Adoption of this application of nanotechnology to fertilizer could come at a consider cost to soil health. One of the nano-scale materials incorporated into the pelletized fertilizer is polyacrylamide hydrogel, a chemical that is claimed to reduce water usage in landscape gardening. As the polymer breaks down, acrylamide, “is a lethal neurotoxin and has been found to cause cancer in laboratory animals” (CHALKER-SCOTT, 2015).

The breakdown is accelerated in combination with fertilizer salts, which leads to the question about whether a nano-scale version of the hydrogel incorporated into fertilizer pellets will prove lethal to micro-arthropods and other engineers of soil health. Life cycle assessments of this nanotechnology application in field conditions would be one pre-requisite prior to regulatory review for commercialization. Furthermore, because acrylamide can be absorbed through the skin or inhaled, will repeated applications by farmers of pellets of polymerized fertilizer with polyacrylamide hydrogel result in cancers. At the very least, exposure testing of this fertilizer and risk assessment based on the released polyacrylamide hydrogel both for soil health and for human healthZXC, is a pre-requisite for regulatory approval of commercialization of this novel fertilizer.

Nano-biosensor controlled release fertilizer: A controlled release fertilizer that reduces nitrous oxide emissions by 50 percent – however desirable, if realizable within the below cost of production environment of row crops – is still far from the ideal of 100 percent fertilizer nutrient use efficiency.

References

ARCE, Nicole. Experts concerned phosphorus and nitrogen fertilizer could destroy the planet. *Tech Times*, January 18, 2015. Available in: <<http://www.techtimes.com>>.

Brazilian Government. MAPA promoverá congresso sobre agricultura da precisão em 2016. *Agrilink*, December 3, 2015. Available in: <<http://agrolink.com.br>>.

CHALKER-SCOTT, Linda. *The Myth of Polyacrylamide Hydrogels*. Washington State University, March 2015. Available in: <<https://puyallup.wsu.edu>>.

CHANGIZI, Foad; HADDAD, Abdolhosein. "Strength properties of soft clay treat with No-SiO₂ and recycled polyester fiber. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 7:4, 367-378, August 2015. Available in: <<http://www.sciencedirect.com>>.

CLABBY, Catherine. Does Peak Phosphorus Loom? *American Scientist*, Vol. 98:4, p. 291, July-August 2010. Available in: <<https://www.americanscientist.org>>.

Congressional Budget Office. *CBO's January 2016 Baseline for Farm Programs*. January 25, 2016, p. 6. Available in: <<https://www.cbo.gov>>.

Controlled release fertilizers global market. 2014. Reported in: <<http://www.marketsandmarkets.com>>.

GHI (Global Agricultural Productivity). Figure 7: Food Demand Compared to Agricultural Output TPF [Total Productivity Factor]. Growth in Latin America/Caribbean 2000-2030.

GHI (Global Agricultural Productivity). *Global Harvest Initiative*, 3, 2016. Available in: <<http://www.globalharvestinitiative.org>>.

GHORMADE, V. et al. Perspectives for nano-biotechnology enable plant protection and nutrition. *Biotechnology Advances*, Vol. 29:6, 792-803, November-December 2011. Available in: <<http://www.sciencedirect.com>>.

IADB (Inter-American Development Bank). *O próximo celeiro global: Como a América Latina pode alimentar o mundo*. Global Harvest Initiative / InterAmerican Development Bank, 8, 2014.

International Fertilizer Organization. *Nutrient Stewardship*. Available in: <<http://www.fertilizer.org/NutrientStewardship>>.

International Fertilizer Organization. *Product Stewardship*. Available in: <<http://www.fertilizer.org/ProductStewardship>>.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. *Evolução do consumo aparente de N, P, K no Brasil*, 2016. Available in: <<http://brasil.ipni.net>>.

LANDIS, Thomas; DUMROESE, R. Kasten. Using Polymer-coated Controlled-release Fertilizers in the Nursery and After Outplanting. *Forest Nursery Notes*, Winter 2009, p. 6 and Table 1. Available in: <<https://www.fs.fed.us>>.

MARCOTTY, Josephine. Scathing review blasts states, EPA for failing to protect Mississippi River. *Minneapolis Star Tribune*, November 17, 2016. Available in: <<http://www.startribune.com>>.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasil 2015/2016 a 2015/2026 Tabla 3. Available in: <<http://www.agricultura.gov.br>>.

MORSY, M. S.; ALSAYED, S. H.; AQEL, M. Effect of Nano-clay on Mechanical Properties and Micro-structure of Ordinary Portland Cement. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 10:01, 21-25, February 2010. Available in: <<https://pdfs.semanticscholar.org>>.

PANDIKA, Melissa. *Could nanotechnology end hunger?* August 2, 2016. Available in: <<http://www.ozy.com>>.

PERRIERA, Elaine et al. Novel slow release nanocomposite nitrogen fertilizers: the impact of polymers on nanocomposite properties and function. *Industrial and Chemical Engineering Research*, March 20, 2015. Reported in: <<https://www.ars.usda.gov>>.

ROOD, Lee. Water Works shifts how it disposes of nitrates. *Des Moines Register*, October 8, 2016. Available in: <<http://www.desmoinesregister.com>>

The ETC Group. *Breaking Bad: Big Ag Mega-Mergers in Play*. December 2015, p. 6. Available in: <<http://www.etcgroup.org>>.

The Human Costs of Nitrate-contaminated Drinking Water in the San Joaquin Valley. Pacific Foundation, 2011, 45 Table 12.

The NanoAg Answer^R. Available in: <<http://www.urthagriculture.com>>.

THENG, Benny K. G.; YUAN, Guodong. Nanoparticles in the Soil Environment. *Elements* Vol. 4, p. 396, 2008. Available in: <<http://www.elementsmagazine.org>>.

THOMAS, Brad. Farmland Partners Growing Like A Weed. *Forbes*, April 7, 2016. Available in: <<http://www.forbes.com>>.

TIDGREN, Kristin A. Iowa State Supreme Court Sides With Drainage Districts. *Iowa State University Law and Taxation*, January 27, 2017. Available in: <<https://www.calt.iastate.edu>>.

United States Department of Agriculture Economic Research Service. *Commodity Costs and Returns: Corn*. October 3, 2016. Available in: <<https://www.ers.usda.gov>>.

WOODRUFF, Maria A.; HUTMACHER, Dietmar W. *The return of a forgotten polymer: Polycaprolactone in the 21st century*. Progress in Polymer Science, Elsevier, 2010. p. 1-3 (author version). Available in: <<http://eprints.qut.edu.au>>.

NANOTECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Tania Elias Magno da Silva*

Introdução

O presente artigo tem como objetivo discutir as implicações, sociais, políticas, econômicas, ambientais e culturais entre nanotecnologia e segurança alimentar. Neste sentido o texto se detém sobre os benefícios e potenciais riscos que o uso de alimentos que contenham elementos nano em sua composição podem acarretar para a saúde humana e o meio ambiente. Algumas perguntas norteiam a discussão: O uso de nanotecnologias na produção de alimentos pode ser a solução para o problema da escassez de alimentos no mundo? Quais benefícios que o emprego de nanotecnologia na produção alimentar pode trazer? Quais os riscos ambientais e para a saúde humana envolvidos neste tipo de alimento? Estamos realmente diante de uma nova revolução na produção de alimentos? Qual a relação entre nanotecnologia e segurança alimentar? Os alimentos oriundos da transgenia são um bom exemplo?

Nanotecnologia: uma nova tecnociência¹?

A nanotecnologia nada mais é do que uma ferramenta, ainda que uma ferramenta de extrema utilidade, para o aprimoramento de tecnociências já existentes, como a engenharia genética e a robótica. Uma das oportunidades e dos desafios da nanotecnologia é lidar com as alterações que certas substâncias apresentam em suas propriedades quando manipuladas nessa escala. Um metal inofensivo em escala padrão

* Professora Aposentada, Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Sociologia – Mestrado e Doutorado – da Universidade Federal de Sergipe, membro da Renanosoma, coordenadora do Grupo de Estudos e Pesquisas Itinerários Intelectuais, Imagem e Sociedade – GEPIIS, do PPGS/UFS. E-mail: taniamagno@uol.com.br.

¹ Uma discussão sobre o conceito de “tecnociência” e seus usos pode ser encontrada em B. Latour (2001).

pode tornar-se altamente tóxico quando manipulado em escala nanométrica. Em alguns casos, por outro lado, há um aumento significativo na eficácia de certos produtos, como remédios e alimentos desenhados para agir como remédios.

Dá-se o nome de nanopartículas aos elementos em escala nanoscópica. Quanto à sua origem, existem três tipos de nanopartículas: as de origem natural, as de origem humana não intencional e as intencionalmente projetadas. Sobre os dois primeiros tipos, pouco se pode fazer e não nos parece oferecer grandes ameaças, uma vez que convivemos com eles desde, pelo menos, o início do uso do fogo pela humanidade (cf., p. ex., SCHULZ, 2009). É sobre as nanopartículas intencionalmente geradas que repousa grande parte das considerações éticas.

A nanotecnologia funciona como um catalisador do avanço de diversas tecnociências. Graças a ela, é possível manipular os genes de embriões para selecionar as características genéticas a serem preservadas ou descartadas. Ela também torna possível à robótica a construção de próteses mecatrônicas diretamente conectadas ao sistema nervoso do usuário, garantindo assim o controle cerebral do membro metálico. Para a tecnologia da informação também a nanotecnologia surge como condição indispensável do desenvolvimento de chips com memória e velocidade em crescimento exponencial.

Segurança alimentar: o que é?

No artigo “A situação de Fome no Mundo, publicada em 29/07/2016 e assinada por Rodolfo Almeida e Beatriz Demasi², cerca de 794,6 milhões de pessoas ainda se encontram em estado de subnutrição, o Haiti lidera o ranking, com mais da metade de sua população nessa condição. São 15 os principais países marcados pela fome, ou pode-se dizer, pela insegurança alimentar³. Afirmam os articulistas que:

Nos últimos 25 anos, 216 milhões de pessoas deixaram a subnutrição em todo o planeta. O cenário atual é resultado de esforços globais no

² Disponível em: <<http://www.nexojornal.com.br>>.

³ São eles por ordem de fome/subnutrição: Haiti, Zâmbia, Republica da África Central, Namíbia, Coreia do Norte, Chade, Zimbábue, Madagascar, Tanzânia, Etiópia, Libéria, Congo, Iêmen, Uganda e Moçambique.

sentido de melhorar a distribuição de alimentos, sobretudo nos países da África e da Ásia, principais regiões atingidas pelo problema. Em 1991, mais de 1 bilhão de pessoas estavam subnutridas, o que representava 18,6% da população à época. Hoje, 794,6 milhões de pessoas ainda estão nessa condição, ou 10,8% da população mundial atual.

De acordo com a definição estabelecida na II Conferência Nacional de Segurança Alimentar, realizada em 2004, na cidade de Olinda/PE, Segurança Alimentar e nutricional:

(...) é a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis. (NASCIMENTO, 2012, p. 621)

Tomando como base para o estudo da relação entre Segurança Alimentar e Nanotecnologia a definição acima, devemos nos preocupar não apenas com a quantidade de alimentos disponíveis às populações, mas principalmente pela qualidade dos mesmos em termos de nutrientes, de variedade ofertada, procedência e a acessibilidade em termos de preços. Ou seja, podemos ter em oferta muitos alimentos, mas os mesmos podem ser muito pobres de nutrientes e até nocivos à saúde, como é o caso de muitos produtos alimentícios industrializados, que são mais baratos que alimentos in natura, mas que prejudicam a saúde e levam as pessoas a um estado de subnutrição, embora as pessoas possam se sentir saciadas em sua fome e até ganharem peso. É o que denomino de Modernidade da Fome⁴.

Você sabe o que está comendo? Que comida é essa?

O princípio da incerteza que caracteriza a modernidade paira sobre os avanços no campo da tecnociência, como bem coloca Santos Junior (2013, p. 15) ao alertar que “o avançar da ciência expõe a sociedade a novas incertezas, fruto dessa busca pelo “admirável mundo novo”, promovendo a participação do público em seus debates”. Essa incerteza está presente quanto à aplicação da nanotecnologia na produção de alimentos. Por isso a pergunta acima é pertinente e deveria ser feita às pessoas quando estas

⁴ Desde 2009, tenho me debruçado sobre este tema.

estiverem diante de um prato de comida, ou comprando alimentos nas lojas, mercados e supermercados, feiras livres. Que garantia temos que estes produtos estão isentos de perigo para nossa saúde? Sabemos a procedência dos mesmos? Como identifica-los? A rotulagem basta?

Ao abordarmos a relação alimentação e nanotecnologia não devemos esquecer a polemica que alimenta os debates em torno dos alimentos transgênicos, anunciados e defendidos como capazes de solucionar o problema da escassez de alimentos no mundo (o que até o presente momento não ocorreu), por sua maior resistência a pragas e melhoria das espécies cultivadas com melhor rendimento. Contudo, não é o que vem ocorrendo, como podemos verificar na matéria “Novas pragas ameaçam soja e outras culturas” que destaca uma lista elaborada pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias sobre 19 insetos que atacam a agricultura global e que podem chegar às lavouras brasileiras:

A agricultura brasileira está vulnerável ao ataque de outras novas e perigosas pragas além da lagarta helicoverpa armigera, que devastou parte dos campos do país há dois anos, deixando um prejuízo de mais de R\$ 2 bilhões aos produtores rurais. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) lista pelo menos 19 ameaças reais somente à soja. Devido à extensão territorial que ocupa, a cultura pode ser ponte para os *invasores atacam* plantações de outros produtos, como *milho, algodão e feijão*. No ano passado, a *soja* foi cultivada em 31,9 milhões de hectares, 55% da área dedicada aos *grãos*. A chegada dos novos *insetos* está relacionada, na maioria das vezes, à *atividade humana*. O *comércio de mercadorias* e o *fluxo de pessoas* entre países elevam as chances de disseminação das *pragas*. “Existem vários casos de entrada de uma *espécie*, que se estabelece em *plantas espontâneas* e, ao longo do *tempo*, ela se adapta às condições locais e evolui. O *bicudo-do-algodoeiro*, por exemplo, foi detectado pela primeira vez no Brasil em *Campinas*, em plantas nos arredores do *aeroporto*. Mais tarde, a *praga* inviabilizou a cultura do *algodão* em algumas regiões do país”, lembra o entomologista da *Embrapa-Soja*, Samuel Roggia. (Grupo do Google)

Ainda em relação às controvérsias que cercam “as certezas” em relação aos transgênicos como mais resistentes a pragas e sua garantia de maior rentabilidade, portanto de lucro, em junho de 2015 foi divulgada uma matéria sobre uma erva daninha que vem destruindo os algodoais do Centro-norte do Mato Grosso, e que pode atingir lavouras de soja e milho. Esta planta foi identificada como sendo *Amaranthus palmeri* e, segundo a matéria, a planta é um tipo de cururu com origem em regiões áridas do norte do México e centro sul dos Estados Unidos (Grupo do Google).

Devemos ter em conta que ao nos referirmos à produção de alimentos é preciso considerar todo o processo que marca a cadeia alimentar, desde a seleção de semente, preparo do solo, tipo de manuseio utilizado, agrotóxicos, a quantidade de água a ser utilizada, as fontes a serem utilizadas, etc. No caso brasileiro é preciso estar atento também para a facilidade com que a legislação restritiva é alterada, como o veiculado em matéria assinada por Reynaldo Turolo Junior, no jornal Folha de São Paulo, em 02/07/2015. A chamada da matéria é bem expressiva: “*Governo contraria a lei e libera uso de agrotóxico mais nocivo à saúde*”. A agência quando procurada pela Folha, justificou a liberação como sendo um “erro”. Afirmou que o produto foi classificado como mais tóxico porque não conseguiu fazer os testes corretamente. Agora, mesmo sem parte dos exames, a Anvisa vai reclassificar o produto como menos nocivo, a fim de regularizá-lo. A matéria ainda destaca que para que um defensivo agrícola possa ser comercializado, é necessário a aprovação do Ibama (órgão ambiental), da Anvisa (saúde) e do Ministério da Agricultura, que avalia a eficácia agrônômica e, por fim, emite o registro. Este é um exemplo dos muitos casos que existem⁵.

A rotulagem é a solução?

Será que um rótulo indicando se um produto é transgênico ou não ou se contém elementos nano em sua composição resolveria o problema? Claro que em temos de informação ao consumidor para que possa saber o que está comprando e tenha o direito de decidir é válido e cumpre o direito à informação, mas será que as pessoas sabem realmente o que é o processo de transgenia? O que é um nanofood? O que é nanotecnologia? Como ler as letras minúsculas dos rótulos e decifrar os termos técnicos herméticos a nós simples cidadãos? Os rótulos não estão preocupados com o cidadão comum, que compõem a maioria do público consumidor, parecem feitos para os especialistas e para desanimar a leitura.

A iniciativa da exigência da rotulagem está ancorada no princípio do direito à informação. Embora o direito à informação seja importante e deva prevalecer, é bom que se ressalte, que não raro os consumidores o ignoram e compram pelo preço ou tradição da marca, como se isto fosse garantia de um produto saudável. Como pesquisadora preocupada com a questão

⁵ Sobre esta e outras matérias, consultar Grupo do Google.

alimentar estou sempre buscando ler o rótulo dos produtos que compro para analisar sua composição e no caso de produtos oriundos da transgenia, se estão devidamente identificados nas embalagens, bem como a procedência dos mesmos. Por exemplo: no caso dos óleos comestíveis qual a empresa que é responsável pelo produto, pois podemos inclusive identificar os cartéis que estão por trás da produção e distribuição daquele produto. Neste sentido, estou sempre observando o comportamento das pessoas que estão comprando os produtos e raramente encontro pessoas preocupadas em saber o que está indicado e o que significa aquele triângulo amarelo com um T preto dentro no rótulo do mesmo, pouquíssimas pessoas buscam saber a composição dos mesmos. Mesmo quando procurei alertar algumas pessoas do significado, elas se espantaram com a informação e responderam que nunca tinham reparado, mas acabaram levando assim mesmo o produto.

Como vemos vários são os problemas que cercam a questão alimentar. Outra questão muito relevante quando falamos de nanotecnologia aplicada à produção alimentar, é a falta de estudos que garantam a isenção de toxicidade dos mesmos, como alertam as pesquisadoras da FUNDACENTRO:

Ainda não há consenso sobre quais métodos de análises serão capazes de identificar a toxicidade associada com as propriedades físico-químicas dos nanomateriais manufaturados, embora já haja algumas recomendações por órgãos como a ISO, uma organização internacional não governamental (ONG) que reúne entidades nacionais de normas técnicas, como a ABNT, de mais de 160 países. Esta ONG possui um grupo técnico, ISO/TC 229, voltados ao estabelecimento de regulamentações e recomendações técnicas em nanotecnologias. Alguns destes textos visam estabelecer ou recomendar critérios para caracterização e estudo de toxicidade de nanomateriais (ISO).

Mas há ainda outros tipos de riscos, muito mais difícil de serem avaliados, relacionados à substituição de algumas ocupações por máquinas controladas por nanochips, ao aumento da mecanização com aumento da exigência de capacitação para o trabalhador, seja rural seja na indústria e até no comércio de alimentos. (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014, p. 116s)

Em 2014 o pesquisador Edilson Gomes de Lima apresentou uma proposta de identificação dos produtos que contenham nanotecnologia e que não custaria nenhum investimento aos produtores:

(...) é muito simples, basta indicar o símbolo universal de atenção o triângulo com a sigla: Nx no rótulo do produto bem visível. Logo, Nx quer dizer: A letra N indica que o produto contém nanotecnologia e o x minúsculo indica um chamado no verso do rótulo, para especificar o tipo de nanotecnologia em questão, logo o produto caracterizado que é composto, e em que parte do produto há essa tecnologia, além de informações técnicas sobre tecnologia e até dimensionais, de acordo com a necessidade de cada produto, empresa e setor. Podendo ser em combinação com produtos existentes no mesmo. (LIMA, 2014)⁶

Apesar de o pesquisador alegar que “ficou fácil identificar seu produto contendo nanotecnologia”, cabe ressaltar que o público em geral ignora o que seja, e mesmo tratando-se de um público especializado no assunto, não há certezas em relação aos riscos e nenhum marco regulatório sobre produtos nano que possa garantir ao consumidor que aquele produto está isento de riscos. Este ainda é um campo cercado de incertezas.

Nanotecnologia e segurança alimentar: alimentos para todos?

Ao falar de nanofoods, ou seja, alimentos que contém ou resultam do emprego de nanotecnologia em alguma fase de sua produção, não podemos nos dissociar dos alimentos transgênicos, pois estes são fruto dos avanços no campo tecnocientífico e estão diretamente ligados aos avanços no campo da nanotecnologia, devem ser considerados no mesmo patamar da indústria alimentar, pois sua produção obedece à mesma lógica e as mesmas normas. As fazendas produtoras de grãos transgênicos são verdadeiras fábricas de grãos.

As maiores empresas que controlam o mercado de alimento no mundo, são também as maiores produtoras de grãos e produtos oriundos da manipulação genética, a saber: Monsanto, Syngenta, Cargill, Bayer, BASF e Dupont⁷. É preciso considerar também na relação do mercado com a produção de alimentos e os interesses das indústrias alimentícias, a

⁶ O símbolo pode ser visualizado no link: <<https://nanoebio.files.wordpress.com>>.

⁷ É importante ver que muitas destas empresas estão envolvidas não só com alimentos, mas com medicamentos, armamentos etc., estão em vários setores da produção e tem filiais espalhadas por vários países no mundo, em especial no mundo mais pobre, como é o caso da Bayer e da Dupont. Vide entre outros Ziegler (2013).

questão dos recursos ambientais, pois como alerta a pesquisadora Amyra El Khalili especialista nos estudos de commodities ambientais:

Quando exportamos soja, vendemos também solo, água, energia, biodiversidade, sangue e suor dos que produzem e sofrem com o sol inclemente na imensidão das lavouras. O estudo da ONG WWF (World Wildlife) mostra o Brasil como líder ranking dos países importadores de “água virtual” agrícola: exporta 91 bilhões de metros cúbicos por ano, mas importa 199 bilhões. Por outro lado, a WWF afirma que o Brasil gasta 5,7 bilhões de metros cúbicos anuais de água na produção de mercadorias que serão consumidas na Alemanha, principalmente café, soja e carne. Esse requisito não é considerado como dado formal no processo produtivo padronizado para a compra e venda de commodity, exemplificando, cada tonelada de soja vendida implica o uso de 2 mil toneladas de água. (KHALILI, 2010, p. 10, apud SILVA et al., 2014)

Quando falamos de produção de alimentos, seja in natura ou industrializado, nem sempre estamos agregando na discussão os custos ambientais dessa produção a curto, médio e longo prazo. A produção de alimentos transgênicos em larga escala, como é o caso da soja, por exemplo, não deve apenas ser questionado em termos de benefício ou prejuízo à saúde dos consumidores, mas também em relação aos danos e custos ambientais, o caso do emprego da nanotecnologia na produção alimentar também deve ser incluído nesta preocupação, tendo em vista que não temos até o momento certeza quanto aos seus possíveis impactos. Os efeitos toxicológicos das nanotecnologias ainda são uma incógnita a desvendar e não temos um marco legal para que esta questão possa ser administrada (ENGELMANN; SILVA, 2013).

A aplicação da nanotecnologia na cadeia de alimentos inicia na agricultura, desde o preparo do solo, do plantio, a seleção de sementes e o emprego de fertilizantes e bactericidas, até a industrialização e fabricação de novos tipos de comida, bem como de embalagens mais seguras frente à contaminação bactericida. As possibilidades de inovação neste campo são realmente surpreendentes, pois é possível, graças ao emprego da nanotecnologia, alterar a cor, o sabor, a resistência e consistência, bem como a estética do alimento.

Segundo L. M. Assis et al. (2012, p.. 101), as maiores áreas da indústria de alimentos beneficiadas com a nanotecnologia são: desenvolvimento de novos materiais funcionais, processamento em micro e nanoescala, desenvolvimento de novos produtos e nanossensores para a

segurança alimentar. Várias aplicações da nanotecnologia tornaram-se aparentes, incluindo o uso de nanopartículas lipídicas sólidas (NLS), nanoemulsões, nanocápsulas e o uso de nanocompósitos para a embalagem de alimentos.

As pesquisas não param e estão em desenvolvimento formas de transportar nutrientes através de nanomateriais, embalagens baseadas em nano que conservam melhor o sabor e a durabilidade e nanoingredientes que podem se arranjar de diferentes modos de acordo com estímulos externos específicos, como um micro-ondas⁸. Se as pesquisas forem bem-sucedidas, o alimento poderia alterar cor, sabor e nutrientes de acordo com os requisitos de cada consumidor. Também poderiam ser desenvolvidos filtros para eliminar toxinas ou mesmo modificar sabores retendo substâncias de acordo com o formato de suas moléculas. Uma última possibilidade a ser desenvolvida seria a elaboração de embalagens que podem detectar quando seus conteúdos estão estragados e mudar a cor para assim avisar os consumidores.

Podemos incluir na definição de nanoalimentos não só alimentos e bebidas que têm nanopartículas em sua composição, mas também tudo o que entrar em contato com alimentos e bebidas, como rações, vacinas, pesticidas, embalagens, etc. São exemplos de nanoalimentos: a) nanopartículas e nanocápsulas que são agregadas aos alimentos e bebidas com o objetivo de mudar seu sabor e a textura (já usadas por marcas como Nestlé, Unilever, por exemplo); b) nanopartículas adicionadas na ração de frangos, com efeitos antibióticos; c) pesticidas, que podem facilmente ser absorvidos por plantas; d) vacinas para tratamento de peixes; e) embalagens de alimentos, com o objetivo de ampliar a validade, controlar variação de temperatura, proteger alimentos contra fungos e bactérias, etc. (BEHAR; FUGERE; PASSOFF, 2013, p. 4).

Buzby (2010, p. 530-1) apresenta outros exemplos de produtos que contém nanopartículas: a) óleo de Canola ativa produzido por Israel, indicado para inibir o transporte do colesterol na corrente sanguínea e permitir uma maior penetração de vitaminas, minerais e fitoquímicos que são insolúveis em água ou gordura; b) chá da China que afirma produzir

⁸ Small Times. *Alimentos: Nano comestível é a nova fronteira*. Disponível em: <<http://www.smalltimes.com>>. 15.06.11. Acessado em: 26/05/2015.

benefícios à saúde; c) shake de chocolate dos Estados Unidos usado numa avançada forma de cacau para acrescentar sabor sem acrescentar açúcar.

É grande a variedade de materiais utilizados em nanoalimentos. A nanoprata, por exemplo, é muito utilizada por seu efeito antibacteriano. Produtos com nanoprata já estão no mercado: são alimentos, utensílios de cozinha, refrigeradores ou embalagens para guardar alimentos. Outros materiais podem ser citados: o nanoselênio está sendo utilizado como aditivo que intensifica os efeitos do chá verde (FAO; WHO, 2011, p. 27); o nanocálcio é objeto de patente que pretende sua utilização em gomas de mascar. Sais de nanocálcio e nanomagnésio são utilizados como suplementos alimentares (FAO; WHO, 2011, p. 27); nanotubos do carbono estão sendo desenvolvidos para criação dos mais poderosos inseticidas e fungicidas, e pesquisadores afirmam a possibilidade de revolução na produção de alimentos, e também vegetais para a produção de biocombustíveis.

Nesta mesma linha de possibilidades da nanotecnologia o Relatório da OECD, divulgado em 2013, aponta que inovações no setor agrícola envolvendo a decodificação e análise de DNA poderia capacitar agroempresas a prever, controlar e melhorar a produção. Com tecnologia para manipulação de moléculas e átomos de alimentos, a indústria alimentar teria poderoso método para produzir com qualidade e precisão, a baixos custos, e melhorando a sustentabilidade. A combinação de DNA e nanotecnologia poderia gerar novos sistemas de nutrição com o objetivo de carregar substâncias em partes específicas do corpo humano. São os chamados “OAM – Organismos Atomicamente Modificados”, que causarão um debate ainda mais intenso.

Alguns autores defendem que a manipulação atômica de organismos vivos é impossível⁹, contudo já existem experiências em curso a esse respeito. Na Tailândia, por exemplo, cientistas do Laboratório de Física Nuclear da Universidade de Chiang Mai reordenaram o DNA do arroz, por perfuração de um buraco na escala nano através das paredes e membranas celulares do arroz, e inseriram um átomo de nitrogênio. Até agora, eles foram capazes de mudar a cor do grão, de púrpura para verde.

⁹ Vide Joachim e Plévert (2009, p. 117s).

Em novembro de 2014, a maioria dos membros da Environmental, Public Health and Food Safety (EHS), do Parlamento Europeu, aprovaram várias alterações no projeto de regulamentação de novos alimentos, incluindo a imposição de uma moratória sobre os novos alimentos que contêm nanomateriais¹⁰. Esta decisão mostra que as maravilhas da tecnociência nanotecnológica ainda precisam ser melhor analisadas, especialmente para que se conheça mais sobre os efeitos nanotoxicológicos.

Ainda sem uma legislação adequada, por falta de pesquisas que atestem a periculosidade ou não dos produtos resultantes do emprego de nanotecnologia, cada vez mais são colocados no mercado, em meio a propagandas destacando suas qualidades e benefícios, é o caso divulgado em 12/06/2015 pela Agência FAPESP sobre o aumento da validade do leite fresco, graças ao emprego de nanotecnologia na embalagem plástica. A tecnologia foi desenvolvida pela Nanox – uma empresa de nanotecnologia também sediada em São Carlos, apoiada pelo Programa FAPESP – Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) e uma *spin off* do Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais (CDMF), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs) financiados pela FAPESP. Segundo a matéria:

A Agrindus – empresa agropecuária situada em São Carlos, no interior de São Paulo – conseguiu aumentar de 7 para 15 dias o prazo de validade do leite fresco pasteurizado tipo A que comercializa com a marca Letti em 45 cidades do Estado de São Paulo. A façanha foi alcançada por meio da incorporação de micropartículas¹¹ à base de prata, com propriedades bactericida, antimicrobiana e autoesterilizante, no plástico rígido das garrafas usadas para envasar o leite produzido pela empresa.

Segundo o depoimento do diretor da Nanox ao responsável pela matéria, a empresa já tinha conhecimento que a aplicação do material antimicrobiano e bactericida que desenvolvem em plásticos rígidos ou flexíveis usados para embalar alimentos melhora a conservação e aumenta o shelf life [vida útil] dos produtos, e esta foi a razão para fazer um teste

¹⁰ Parlamento Europeu. *Environmental, Public Health and Food Safety (EHS)*. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. 2014. Acesso em 10 fevereiro de 2016.

¹¹ Na verdade não se trata de micro partículas, mas de nanopartículas.

com o plástico das garrafas de polietileno usadas para envasar leite fresco tipo A.

O próximo passo, segundo a matéria, é ganhar novos mercados, por isso afirma o diretor entrevistado: “Estamos dando entrada no registro do produto na EPA [Environmental Protection Agency, a agência de proteção ambiental norte-americana] para conseguir abranger uma parte maior do mercado norte-americano”. Quanto às questões regulatórias, o entrevistado esclarece que:

Como ainda não há uma legislação clara tanto nos EUA como no Brasil sobre a aplicação de partículas em escala nanométrica (da bilionésima parte do metro) em produtos em contato com alimentos, a empresa adota processos de nanotecnologia que resultam em partículas à base de prata em escala micrométrica.

Além desta empresa, o material também está sendo testado por outras duas indústrias de laticínios distribuidoras de leite fresco em garrafas de plástico, em São Paulo e em Minas Gerais e por empresas na região Sul do país que comercializam leite in natura em embalagens plásticas flexíveis (saquinhos). A matéria também destaca outros inúmeros usos da nanotecnologia, não relacionados a alimentos.

Interesses sociais versus interesses mercadológicos

A relação direta entre ciência, tecnologia e mercado mundial, caracterizada pela globalização da economia, alerta para o fato de que os investimentos para os avanços no campo técnico e científico devem responder a necessidade de circulação cada vez mais rápida dos produtos, de garantir sua eficácia, ao mesmo tempo em que devem manter a fluidez e perenidade dos mesmos, tornando obsoleto o que há bem pouco tempo era considerado novo. Para o sucesso desta engrenagem investe-se em propaganda, através dos modernos meios de comunicação.

Por ser a nanotecnologia uma área de interesse estratégico para corporações e países, o cuidado na apresentação dos dados sobre os potenciais do setor e a busca por mais espaço de manobra, em nome da competitividade, tem gerado uma disputa com os grupos de pressão que demandam maior controle sobre as nanotecnologias. Esta queda de braço entre os interesses mercadológicos e as organizações da sociedade civil que defendem uma tecnologia responsável, muitas vezes tem a interferência, aparentemente invisível, dos governos, pois o que poderia ser menos lucrativo para as empresas do setor, porque limitaria a velocidade de

inovação e levaria à proibição de produtos, não é de interesse dos governos que também perderiam divisas e poder com isto.

Tomamos novamente como exemplo o caso dos transgênicos, que não tem praticamente nenhuma barreira proibitiva no país, por isso somos o segundo produtor mundial de grãos transgênicos e a legislação em relação a estes produtos tende a se flexibilizar cada vez mais. As principais empresas produtoras de grãos transgênicos chegam a investir próximo de US\$ 3 milhões por dia em pesquisas em busca da semente “bala de prata”, a quase perfeita.¹²

O depoimento do diretor do departamento de pesquisa química biológica da Syngenta em Jealott's Hill, no Reino Unido, Mark Spinney, é bem claro a este respeito quando alerta: “o que estamos pesquisando agora vai chegar ao mercado em cerca de dez anos. Então nós precisamos prever o que os produtores vão precisar em uma década”. Ainda segundo a matéria citada, um dos maiores investimentos do setor está no desenvolvimento de plantas capazes de driblar o clima. Nas bancadas das empresas, as pesquisas já apontam para a produção de sementes resistentes à seca, ao excesso de água, de frio ou de calor. O que as empresas buscam, complementa Mozart Fogaça, diretor de sementes da Dow AgroSciences, são sementes com melhor absorção de água e de nutrientes presentes no solo. “É preciso produzir mais com menos recursos, água e terra. Para isso, é essencial ofertar uma semente de qualidade”.

Mas, não apenas a qualidade deve fazer parte desta “semente de prata”, o rendimento é igualmente importante. Tanto que, em algumas regiões, a semente já não é vendida por sacas, como o habitual, mas pelo potencial de germinação, segundo Geraldo Berger, da Monsanto, líder mundial em biotecnologia. Na Bahia, por exemplo, produtores de sementes já garantem até 99% de germinação, bem acima dos 80% exigidos pelo Ministério da Agricultura. Outro caminho no melhoramento genético está na busca não apenas de maior quantidade produzida, mas também da qualidade do produto. Em pouco tempo, o óleo de soja se aproximará do de oliva, dizem pesquisadores.

¹² <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/10/1692706-empresas-desenvolvem-plantas-fortes-e-que-produzem-mais-com-menos.shtml?cmpid=newsfolha>. Acesso em 11/10/2015

“A semente é a base para o sucesso do agronegócio. O desenvolvimento do setor depende dela”, diz José Renato Bouças Farias, da Embrapa, na referida matéria. A relevância do segmento é tão grande que desperta o interesse até de quem ainda não está nesse mercado, como a Basf. “É um caminho sem volta”, diz Fernando Arantes Pereira, gerente da área de tratamento de sementes da empresa. Segundo ele, a Basf olha para uma semente de soja resistente a ferrugem, a nematoides (vermes) e que gere produção maior de óleo. A semente de soja custa próximo de 15% do total dos gastos de produção do produtor. A de milho, 20%. José de Barros França Neto, pesquisador da Embrapa, diz que não é a semente que é cara, mas a tecnologia que está inserida nela.

Quando falamos de transgênicos estamos falando também de nanotecnologia, ou seja, estamos falando de uma agricultura tecnológica, de uma “produção industrial de grãos”, resultado de pesados investimentos em ciência e tecnologia, montagem de laboratórios, equipes de pesquisadores e corrida contra os concorrentes. Os interesses são mais mercadológicos do que sociais, pois este custo tem que ser compensador.

Este embate entre interesses divergentes acaba dificultando a regulação e as medidas de precaução que devem ser adotadas em relação ao emprego da nanotecnologia na produção alimentar. Sabemos que a evolução nanotecnológica deve ser acompanhada da tomada de precauções sanitárias e toxicológicas, e para que isto aconteça, a maior arma é a informação.

Mas como transmitir informação aos consumidores e população em geral, se os próprios fabricantes muitas vezes ignoram essas informações? Como avançar nos estudos toxicológicos das nanotecnologias, se o financiamento para esse tipo de pesquisa é irrisório e não atrai o interesse nem dos fabricantes e nem dos governos? (SILVA; ENGELMANN; CALAZANS; 2014, p. 34)

Conclusão

Embora os dados divulgados pela FAO sobre a fome no mundo pareçam apontar uma queda no índice de países famélicos, sabemos que nos países mais pobres este índice ainda é muito alto é muito preocupante e diante de uma tendência cada vez maior dos países em aderir ao modelo econômico neoliberal, podemos prever que este índice poderá voltar a crescer. O paradoxo é que a fome convive com as ilhas de abundância da produção de grãos transgênicos, das “fábricas” de grãos, e dos nanofoods,

pois cada vez mais os pequenos agricultores se veem expulsos de suas terras pelo avanço das monoculturas de soja, milho, feijão entre outras. Ou seja, tanto investimento em ciência e tecnologia para produzir mais alimentos e nenhuma segurança alimentar para as populações mais necessitadas, que não podem desfrutar desses benefícios, que não foram gerados para atender essa demanda e sim para serem transformados em commodities e gerarem lucros às empresas detentoras do Know How das sementes, plantas etc.

Como adverte Z. Bauman (2010), estamos cada vez mais dependentes da tecnologia, talvez não consigamos mesmo conceber nossa vida sem os avanços nesse campo e parece que não estamos contabilizando o custo ambiental resultante das mudanças geradas pelos avanços e mudanças tecnológicas, o importante dentro dessa lógica é que cada vez mais elas solucionem nossos problemas e facilitem nossa vida cotidiana. Não perguntamos se há alimentos para todos no mundo, nem qual o custo social e ambiental destas inovações e conquistas tecnológicas, quem está arcando com o ônus das conquistas no campo alimentar. Vivemos em bolhas de abundância cercados por um grande mar de miséria. A fome parece continuar a ser um tema tabu, como denunciou Josué de Castro há setenta anos ao publicar sua obra *Geografia da Fome* (1946).

A verdade é que vivemos em um mundo de insegurança alimentar, seja porque a produção não visa atender aos mais necessitados, seja porque não garantimos a qualidade da comida que está em nossa mesa, daí a pergunta feita: você sabe o que está comendo?

Referências

ALMEIDA, Rodolfo; DEMASI, Beatriz. A situação de Fome no Mundo. *Nexo*, 29/07/2016. Disponível em: <<http://www.nexojornal.com.br>>.

ARCURI, Arline S.A; VIEGAS, Maria de Fátima T. F; PINTO, Valéria R. S. Nanotecnologia na cadeia do alimento. In: SILVA, T. E. S.; WAISSMANN, W. (Orgs.) *Nanotecnologias Alimentação e Biocombustíveis*. Um olhar Transdisciplinar. Aracaju: Ed. Criação, 2014. p. 147-172.

ASSIS, Leticia Marques de. et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas, V.15, N.2, p. 99-109, 2012.

BAUMAN, Zygmunt; MAY, Tim. *Aprendendo a pensar com a sociologia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2010.

BEHAR, Andrew; FUGERE, Danielle; PASSOFF, Michael. *Slipping through the cracks: An Issue Briefs*. Disponível em <<http://www.asyousow.org>>. Acessado em: 26 jun. 2014.

BUZBY, Jean C. Nanotechnology for food applications: more questions than answers. In: *The Journal of Consumers Affairs*. Vol. 44, N. 3, p. 528-545, 2010.

ENGELMANN, W & SILVA, Tania E. M. da. *Nanotechnologies and Risks in environment in Brazil: challenges for the legal regulation*. Trabalho apresentado no 6o. International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, realizado na cidade de Nagoya, Japão, em outubro de 2013. Disponível em: <<http://square.umin.ac.jp>>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO; World Health Organization – WHO. *Expert Meeting on the Application of Nanotechnologies in the Food and Agriculture Sectors: Potential Food Safety Implications*. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 4 ago. 2011.

Food Manufacture. *Riscos da Nanotecnologia indo no mesmo caminho da Transgenia, diz estudo*. Disponível em: <<http://www.foodmanufacture.co.uk>>. 15/06/11. Acessado em: 26/05/2015.

Grupo do Google. *Transgênicos – Identidade e Regulação*. Disponível em: <<http://groups.google.com>>. Acessado em 26/05/2016.

JOACHIM, Christian; PLÉVERT, Laurence. *Nanociências: A Revolução do Invisível*. Traduzido por André Telles. Revisado por Luiz Sampaio. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 2009.

NASCIMENTO, Renato Carvalheira do. A contribuição de Josué de Castro para o sistema e a política nacional de segurança alimentar e nutricional. In: SILVA, Tania Elias M da. (Org.). *Josué de Castro*. Rio de Janeiro: Fundação Miguel de Cervantes, 2012.

Parlamento Europeu. *Environmental, Public Health and Food Safety (EHS)*. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. 2014. Acesso em 10 fevereiro de 2016.

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz dos. *Ciência do Futuro e Futuro da Ciência: redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Ed. Da UERJ, 2013.

SCHULZ, P. *A encruzilhada da nanotecnologia*. RJ: Vieira & Lent, 2009.

SILVA, Tania Elias M; ENGELMANN, Wilson; CALAZANS, Diego Rodrigues Souto. Desenvolvimento, Modernidade e Nanotecnologias: inovações no campo alimentar. In: SILVA, Tania Elias M.. WAISSMANN, Wiliam. *Nanotecnologias. Alimentação e Biocombustíveis*. Um olhar Transdisciplinar. Aracaju: Criação, 2014, p. 11-46.

SILVA, Tania. Elias M.; PREMEBIDA, Adriano; ENGELMANN, Wilson; CALAZANS, Diego Rodrigues Souto. Avanços e desafios do emprego da ciência e tecnologia na produção alimentar: uma discussão sobre transgênicos e nanofoods. In: *Anais do VI Congresso Brasileiro de Ciências Sociais e Humanas em Saúde*. Rio de Janeiro: Abrasco, 2013. v. 1. p. 1-18. Disponível em: <<http://www.cienciassociaisesaude2013.com.br>>. Acessado em: 26/04/2015.

Small Times. *Alimentos: Nano comestível é a nova fronteira*. Disponível em: <<http://www.smalltimes.com>>. 15.06.11. Acessado em: 26/05/2015.

ZAFALON, Mauro. Empresas desenvolvem plantas fortes e que produzem mais com menos. *Folha de São Paulo*. 11/10/2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br>>. Acesso em: 11/10/2015.

ZIEGLER, Jean. *Destruição em Massa*. Geopolítica da Fome. São Paulo: Cortez Editora, 2013.

OS “COMPLIANCE PROGRAMS” COMO UMA ALTERNATIVA À GESTÃO EMPRESARIAL DOS RISCOS TRAZIDOS PELAS NANOTECNOLOGIAS

Wilson Engelmann^{*}
Raquel Von Hohendorff^{**}

Introdução¹

As nanotecnologias representam hoje um novo e revolucionário conjunto de tecnologias, operando numa escala já existente na natureza, mas somente viabilizadas ao ser humano a partir do final do Século XX, dado o desenvolvimento de equipamentos em condições de vislumbrar na ordem de um bilionésimo do metro.

O vasto potencial das nanotecnologias é evidente desde o papel fundamental desempenhado por suas diversas aplicações tanto que as nanotecnologias já foram indicadas como a solução para 5 dos 8 Objetivos do Milênio das Nações Unidas para combater a pobreza. Entre estas soluções estão os nanossensores e nanocomponentes para melhorar o

^{*} Doutor e Mestre em Direito Público pelo Programa de Pós-Graduação em Direito (Mestrado e Doutorado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS/RS/Brasil; Professor deste mesmo Programa das atividades: “Transformações Jurídicas das Relações Privadas” (Mestrado) e “Os Desafios das Transformações Contemporâneas do Direito Privado” (Doutorado); Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da UNISINOS; Professor de Teoria Geral do Direito e Introdução ao Estudo do Direito do Curso de Graduação em Direito da UNISINOS; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

^{**} Mestre e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado – da Unisinos/RS; bolsista do PROEX/CAPES. Grupo de Pesquisa JUSNANO.

¹ Este trabalho representa o resultado parcial das investigações realizadas no âmbito dos seguintes projetos de pesquisa: a) “Desenhando modelos regulatórios para nanomateriais no Brasil”: Bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq; b) “As Nanotecnologias como um exemplo de inovação: em busca de elementos estruturantes para avaliar os benefícios e os riscos produzidos a partir da nano escala no cenário da pesquisa e inovação responsáveis (RRI) e dos impactos éticos, legais e sociais-ELSI”: Apoio a Projetos de Pesquisa/Chamada CNPq/MCTI nº 25/2015 Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas.

fornecimento de água e fertilizantes às plantas, de modo a reduzir a pobreza e a fome no mundo (SALAMANCA-BUENTELLO et al., 2005).

Embora neste momento, os benefícios da nanotecnologia dominam o nosso pensamento, o potencial desta tecnologia para resultados indesejáveis na saúde humana e no meio ambiente não deve ser menosprezado. Como as nanopartículas são muito pequenas, medindo menos de um centésimo de bilionésimo de metro, são regidos por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está acostumada. Existem probabilidades de que as nanopartículas apresentem grau de toxicidade maior do que as partículas em tamanhos normais, podendo assim ocasionar riscos à saúde e segurança de pesquisadores, trabalhadores e consumidores.

Assim, a utilização das nanotecnologias sem uma avaliação adequada dos riscos e de uma gestão adequada destes riscos pode configurar-se em caminho como o do amianto, dos transgênicos e dos aerossóis, onde a comercialização passou muito à frente da avaliação ambiental holística dessas tecnologias.

Por outro lado, as possibilidades financeiras destas aplicações são quase infinitas, podendo proporcionar um desenvolvimento econômico sem precedentes na história da humanidade. Ai se tem o desafio que as nanotecnologias estão trazendo para a sociedade contemporânea: ganhos econômicos e possibilidade de atendimento às necessidades humanas mostram-se quase ilimitados, mas com a potencialização de riscos invisíveis e incalculáveis, que poderão destruir o Planeta Terra, inviabilizando a própria continuidade da vida.

Desta forma eis um novo desafio para o Direito e as demais áreas do conhecimento envolvidas com a Revolução Nanotecnocientífica: desenvolver técnicas para buscar alternativas seguras e responsáveis para lidar com o presente-futuro da vida de todos os seres vivos sobre a face da Terra, permitindo o aproveitamento saudável das contribuições científicas produzidas pela inteligência humana.

Hoje somos todos consumidores de “nano produtos”, mas apenas uma pequena parcela destes “todos” sabe alguma coisa sobre as nanotecnologias. Assim, está desenhado um importante espaço para o alinhamento dos contornos do chamado “direito à informação”. A execução deste direito passa, necessariamente, por uma postura renovada por parte do empresário, que é o fabricante dos produtos à base da nano escala. Assim sendo, os *compliance programs* poderão ser uma estratégia

de gestão empresarial focada no atendimento do conjunto normativo vigente no Brasil e no mundo, especialmente os princípios e as regras constitucionais, consumeristas e aquelas oriundas dos Tratados relativos aos Direitos Humanos.

Desta forma, no atual cenário empresarial, se faz necessário o destaque para atitudes de precaução responsável, buscando o cumprimento das normas jurídicas preocupadas com a saúde e segurança do ser humano.

Neste cenário, o artigo pretende apresentar os *compliance programs* como uma forma para equacionar o exercício do direito à informação do consumidor com uma postura empresarial focada no gerenciamento dos riscos que poderão emergir dos resultados das nanotecnologias.

Como metodologia será utilizada a análise funcional, proposta por Niklas Luhmann, considerando que ela “(...) utiliza o processo de relacionar com o fim de compreender o existente como contingente, e o distinto como comparável (...)”. Vale dizer, “a relação entre problema e solução do problema não é aqui considerada como um fim em si mesmo; mas serve como fio condutor da pergunta por outras possibilidades, como fio condutor na busca de equivalências funcionais” (LUHMANN, 1990, p. 131-2).

Assim, é na perspectiva sistêmico-funcionalista que se pretende estabelecer este elo de ligação entre o problema e uma solução a ser construída pelo viés construtivista, notadamente pela observação dos marcos normativos capazes de dar conta dos desafios trazidos pelas nanotecnologias. Sabendo-se, desde já, que a atividade regulatória, própria do Poder Legislativo, no âmbito do Estado, e o alcance normativo dos *compliance programs* não são iguais, mas funcionalmente equivalentes. Sendo isto somente possível, a partir do momento em que se abrem as fronteiras fortemente cravadas na construção do jurídico pelo positivismo jurídico, com destaque para a linha legalista.

Dentro desta baliza de composição, Luhmann refere “neste sentido, o método funcional é, em última instância, um método comparativo, e sua introdução na realidade serve para abrir o existente a outras possibilidades”. É neste espaço que se localizam duas probabilidades: “(...) a análise funcional pode aclarar estruturas e funções ‘latentes’; (...) por outro lado, [ela] põe o conhecido e o familiar, isto é, as funções ‘manifestas’ (os fins) e as estruturas, no contexto de outras possibilidades” (LUHMANN, 1990, p. 134 e 140).

O objetivo do artigo acima descrito está cercado pela latência e contingência na medida em que são abertas diversas possibilidades de encaminhamento, apontando para a incerteza, ou seja, “(...) na forma de uma pluralidade de critérios, os quais não podem ser todos satisfeitos, da melhor maneira, ao mesmo tempo” (LUHMANN, 2010, p. 301). O cenário trazido pelas nanotecnologias se acomoda nesta caracterização da incerteza, abrindo-se por intermédio da teoria sistêmica uma alternativa criativa e uma sofisticada opção à observação de novas estruturas e funções a partir do Sistema do Direito, por meio da comunicação entre o Sistema da Ciência e o Sistema da Administração.

Nanotecnologias: uma nova revolução industrial?

As nanotecnologias estão em quase todos os setores produtivos, que se encontram disponíveis na atualidade. O que está contido nesta palavra? A manipulação e a produção na escala atômica, ou seja, na bilionésima parte do metro, que equivale à notação científica 10^{-9} . De acordo com o Comitê Técnico 229 da ISO (*International Organization for Standardization*), a utilização da escala nanométrica pode ser encontrada nos seguintes setores, aqui exemplificativamente apresentados: têxteis, plásticos, embalagens para alimentos, agricultura (SUPAN, 2015) material de construção, medicamentos, diagnóstico de doença, protetores solares, medicamentos, equipamentos médicos (ABBONDANZA, 2015, p. 6) e odontológicos, energia, equipamentos esportivos, equipamentos bélicos e equipamentos eletrônicos (ISO TC 229,2016).

Quanto mais larga for a utilização da nano escala na indústria, maior será a quantidade de produtos colocados à disposição do consumidor. Qual o motivo da preocupação? Por meio de equipamentos especializados, em condições de interagir com o nível atômico, se geram produtos com características físico-químicas diferentes daquelas encontradas no seu similar na escala macro. Aliado a esse aspecto, inexistente regulação específica para as nanotecnologias ao longo do ciclo de vida de um nanomaterial. As Ciências Exatas, dentre as quais se sublinha: a Engenharia, a Química, a Física, a Biologia e outras, ainda não conseguiram calibrar a metodologia para a avaliação da segurança dos produtos desenvolvidos à base da nano escala; se desconhece o número de nanopartículas já produzidas pela ação humana, as denominadas nanopartículas engenheiradas. Apesar de tudo isso, já existem muitos produtos desenvolvidos a partir da escala nano – que equivale à medida entre, aproximadamente, 1 e 100 nanômetros (nm).

Uma nova database de produtos nanotecnológicos foi criada em janeiro de 2016 e colocada online em julho deste mesmo ano. A NPD tem acesso aberto, com a missão primária de reunir, analisar e publicar informações sobre os produtos da nanotecnologia introduzidas nos mercados globais. Na página da NPD verifica-se a presença de 45 países, 632 empresas e mais de 5000 produtos que utilizam nanotecnologias ao longo de seu processo produtivo (NPD, 2016).

Percebe-se assim, que se trata uma realidade e não de ficção. Todos nós somos consumidores de nanoprodutos.

Em razão do tamanho os materiais passam a ser regidos por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está habituada, abrindo possibilidades de que as nanopartículas apresentem maior grau de toxicidade do que em tamanhos maiores, esta é a razão pela qual existe a necessidade de se avaliar os riscos que existem decorrentes da manipulação, desenvolvimento e aplicação destas novas tecnologias, observando a toxicidade, os métodos apropriados para testes em toxicidade, bem como os impactos na saúde humana e ambiental (HOHENDORFF, ENGELMANN, 2014. p. 26-27).

As propriedades incomuns de nanopartículas são principalmente baseadas em seu tamanho em nano escala e sua área de superfície. À medida que o tamanho de uma partícula diminui e se aproxima da nano escala, muitas propriedades começam a mudar em comparação com o mesmo material no seu tamanho macro. Cita-se, como exemplo, a cor e a temperatura de fusão do ouro, as quais são muito diferentes em nano escala que em ouro convencional. Os efeitos tóxicos de materiais que se mostram como inertes na escala macro, também são muito diferentes na escala nano. Como a área de superfície de partículas aumenta uma maior proporção dos seus átomos ou moléculas começar a ser exibida na superfície, em vez de o interior do material. Existe uma relação inversa entre o tamanho das partículas e o número de moléculas presente na superfície da partícula. O aumento na área de superfície determina o número potencial de grupos reativos sobre a partícula. A alteração das propriedades físico-químicas e estruturais das nanopartículas com uma diminuição do tamanho poderá ser responsável por uma série de interações materiais que podem levar a efeitos toxicológicos. Aí o cenário para a nanotoxicologia. Esses fenômenos deverão ser comunicados aos consumidores. Como fazê-lo? Como transformar a linguagem técnica em comunicação compreensível? Existe alguma preocupação ética no desenvolvimento das pesquisas pelas Ciências Exatas? São questões que

não estão sendo devidamente tratadas pelas empresas que produzem a partir da nano escala e vendem os seus produtos no mercado consumidor.

Assim, estamos diante dos riscos dos nanomateriais. Eles existem e estão sendo destacados por pesquisas científicas publicadas em revistas qualificadas de diversas áreas, relacionadas a diversos nanomateriais como os nanotubos de carbono e a nanop prata. Esse último é um dos nanomateriais engenheirados (aqueles produzidos a partir da ação humana) mais comuns usados em produtos para o mercado consumidor. Tem uma relevante atividade bactericida (Quiñones- Jurado et al., 2014, p. 895) e baixo custo de produção. No entanto, apresenta mecanismos de toxicidade (Marques et al., 2013, p. 53), aspecto que não está recebendo a devida atenção pelos fabricantes ou, pelo menos, esse “detalhe” não aparece em nenhum rótulo ou material de divulgação. A nano prata, por exemplo, é utilizada na linha branca de eletrodomésticos, bebedouros, aparelhos de ar condicionado e outros itens de uso e contato diário pelo consumidor. Outro estudo sobre a toxicidade da nanopartícula de prata “in vivo”, usando nanopartículas de 5-46nm (nanômetros), evidenciou a evolução de anormalidades e a morte de embriões de zebrafish quando estiveram na presença de nanop prata (LEE et al., 2007, p. 133). Também são relevantes os estudos sobre a nanotoxicologia realizados pelos pesquisadores italianos Antonietta M. Gatti e Stefano Montanari (2015).

A entrada da nanotecnologia na fabricação de objetos tem sido comparada com o advento das tecnologias anteriores que têm afetado profundamente as sociedades modernas, tais como plásticos, semicondutores e até mesmo a eletricidade. Aplicações da nanotecnologia prometem melhorias transformadoras em desempenho materiais e longevidade para a eletrônica, medicina, energia, construção, máquinas-ferramentas, agricultura, transporte, vestuário, e outras áreas (BERGER, 2016).

Klaus Schwab, autor do livro intitulado a quarta revolução industrial, fundador e presidente executivo do Fórum Econômico Mundial, esteve no centro dos assuntos globais por mais de 40 anos e após observar em primeira mão como os líderes mundiais navegaram pela revolução digital, menciona que está convencido de que estamos no início de um período ainda mais emocionante e desafiador. A Quarta Revolução Industrial é algo fabricado por nós mesmos e está sob nosso controle, e como as novas formas de colaboração e governança, acompanhadas por uma narrativa positiva e compartilhada, podem dar forma à nova Revolução Industrial para o benefício de todos. Se aceitarmos a

responsabilidade coletiva para a criação de um futuro em que a inovação e a tecnologia servem às pessoas, elevaremos a humanidade a novos níveis de consciência moral. (SCHWAB, 2016, p. 15)

O que vem por aí, dizem os teóricos, é uma “fábrica inteligente”, com o princípio básico de que as empresas poderão criar redes inteligentes que poderão controlar a si mesmas. Os números econômicos são impactantes: uma versão em escala industrial dessa revolução poderia agregar US\$ 14,2 bilhões à economia mundial nos próximos 15 anos. No Fórum Mundial de Davos, em janeiro de 2016, ocorreu uma antecipação das ideias que os acadêmicos mais entusiastas têm na cabeça quando falam de revolução 4.0: nanotecnologias, neurotecnologias, robôs, inteligência artificial, biotecnologia, sistemas de armazenamento de energia, drones e impressoras 3D (IHU ONLINE, 2016).

A “novidade” dos nanomateriais precisa ser observada pela perspectiva correta, pois ela atravessa a noção comum de algo que foi recentemente descoberto. Trata-se do ingresso em um “mundo novo” para o ser humano, onde as características constitutivas dos materiais são desconhecidas. Por conta disso, o Direito, a partir do momento em que se abrir cognitivamente para se comunicar com as áreas do conhecimento em que estes materiais já estão sendo estudados, terá condições para formular marcos normativos ou adaptar adequadamente os já existentes aos variados desdobramentos que este tema ainda promoverá na sociedade.

E o Direito? O Direito também foi atingido por esta nova realidade repleta de incertezas, colocando em xeque os tradicionais postulados jurídicos, especialmente a previsibilidade e a certeza². Assim, pesquisar as interfaces entre as Nanotecnologias e o Direito Brasileiro, abordando o pouco que é conhecido, as indefinições, os aspectos que ainda precisam de maiores estudos continuados no tempo, em longo prazo, e propor avanço

² Essa realidade de crise dificilmente pode ser enfrentada adequadamente com os instrumentos tradicionais do Estado, cujo Direito tem papel preponderante no sentido de reduzir a complexidade frente a um número indeterminado de expectativas, riscos e possibilidades. A complexidade e a interligação de fatores indicam que apenas o Direito, isoladamente, como sistema social, não dispõe dos elementos necessários e adequados para modificar a realidade de crise. O reconhecimento da complexa e paradoxal relação entre desenvolvimento da sociedade e natureza é um passo fundamental a ser dado (WEYERMÜLLER; ROCHA, 2015).

na discussão sobre a inovação no/do Direito³ frente a esta nova realidade em desenvolvimento torna-se necessário. As nanotecnologias provocarão como legado, no Direito, uma revolução, uma vez que exigirão a tomada de posicionamentos jurídicos e não apenas legalistas, ou seja, exigirão inovação no/do Direito.

Angela Hullmann (2008) relata que as recentes discussões sobre o crescimento das novas tecnologias ao redor do mundo demonstram que este desenvolvimento não progride independentemente da sociedade, muito pelo contrário, estão diretamente interligados.

Apesar dos esforços em se caminhar em busca da construção transdisciplinar do conhecimento, o que vem se verificando na realidade brasileira ainda é a mais fechada perspectiva na estruturação dos caminhos para a resolução de um problema comum: a instalação segura das nanotecnologias na sociedade. De fato, ainda se está vivenciando a dicotomia entre dois grandes grupos: as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, de um lado e, as Ciências Exatas ou Duras, de outro. Pelo menos no contexto brasileiro ainda se tem muito a caminhar, com a flexibilização e a porosidade das fronteiras que separam as disciplinas. Além disso, outro aspecto relacionado às nanotecnologias também ainda deverá ser melhor compreendido: talvez o caminho mais adequado para este momento do estado da arte do conhecimento sobre os desafios e as possibilidades que a nano escala poderá trazer, não seja a criação de uma regulação legislativo-estatal, mas trazer para o cenário regulatório outras alternativas, como, por exemplo, o papel dos *compliance programs* nas organizações que trabalhem com nanotecnologia, de modo a possibilitar uma maior e efetiva concretização do direito à informação do nanoconsumidor.

³ Quando se fala em “inovação *no* Direito”, entende-se necessidade de mudanças estruturais no interior do Direito, na conexão entre as fontes do Direito; já a “inovação *do* Direito” refere-se ao relacionamento do Direito com as demais áreas do conhecimento, por meio de uma perspectiva transdisciplinar.

O papel dos *compliance programs*, nas organizações que desenvolvem produtos à base da escala nano, como condição de possibilidade para a concretização do direito à informação do consumidor

A sociedade parece ser um grande laboratório para diversos testes com as novas tecnologias e com as nanotecnologias não tem sido diferente.

Este cenário evidencia o “risco” a que todos os integrantes da sociedade estão expostos e, muitas vezes, sem saber ou desconfiar de nada. O risco aqui se entende como a consequência das decisões que são tomadas. Portanto, risco e decisão andam juntos, considerando a perspectiva de Niklas Luhmann: “(...) se trata de decisões com as quais se vincula o tempo embora não se possa conhecer suficientemente o futuro, nem sequer em particular o futuro produzido pelas próprias decisões” (LUHMANN, 1992, p. 55). Há uma relação paradoxal entre risco e decisão e suas interfaces com o tempo. Joga-se com o futuro, sem conhecê-lo, mas sobre ele se reportam as decisões. Aí o risco na sua genuína forma trazido pelas nanotecnologias, considerando-se o quase absoluto desconhecimento dos impactos que as decisões sobre elas trarão.

Os impactos ou aspectos sociais, legais e ambientais do uso das nanotecnologias perpassam também pelo direito à informação do consumidor e pelo dever de informar do produtor. O avanço das nanotecnologias, num conjunto crescente de aplicações, começa a integrar o cotidiano da sociedade brasileira e mundial. Por outro lado, as pesquisas e os produtos que advirão desta intervenção humana nas forças naturais exigirão a divulgação das informações ao mercado produtor e consumidor, pois há, inclusive, previsão constitucional deste direito fundamental, qual seja, o “direito à informação”, como um direito subjetivo que nasce com o dever subjetivo do empresário: o “dever de informar”.

A sociedade civil exige ação, não palavras, em nanotecnologia. Com este título, uma publicação de abril de 2016, assinada por um grupo de organizações não governamentais, grupos de consumidores e organizações de pesquisa, manifestou decepção com o fracasso continuado da Comissão Europeia em propor medidas adequadas para a coleta e publicação de informações sobre os nanomateriais no mercado europeu. Após um processo de avaliação de impacto, que durou vários anos, e mesmo antes de sua finalização e aprovação, a Comissão decidiu contra um registro de nanonanomateriais na Europa (NANOWERK, 2016).

O risco percebido pela Ciência está sofrendo uma profunda transformação, a partir do ingresso das possibilidades trazidas pelas nanotecnologias. A Ciência que sempre foi categorizada como um campo de produção de certezas e respostas exatas se vê desafiada pela imprevisão e incerteza das suas respostas, justamente pela emergência dos riscos invisíveis, nascidos a partir da escala nano.

O “direito de saber”, ou o “direito de ser informado” (ENGELMANN, 2012, p. 55) integra o planejamento da sociedade inscrito na essência do Estado Democrático de Direito. Se os integrantes do Sistema Social tiverem um mínimo de conhecimento sobre o tema das nanotecnologias, irão construir laços mais significativos para o engajamento público. Quem sabe participa. Por isto, que detém o conhecimento tem o “dever” de partilhá-lo com todos aqueles envolvidos no ciclo de vida que vai desde a matéria-prima até o descarte final de algum objeto que contenha partículas nanoescalares.

A gestão dos riscos gerados na/pela Era Nanotecnológica precisará ser apreendida pelo Sistema do Direito a partir dos aportes trazidos pelo Sistema da Administração. A nano escala abre uma possibilidade sem precedentes para o exercício da transdisciplinaridade, por meio do rompimento das barreiras que ainda separam as diversas áreas do conhecimento. As decisões não acontecem no vácuo, as melhores raramente vêm das profundezas de pensamentos isolados de uma única pessoa. Elas acontecem quando as pessoas aprendem a aproveitar as experiências dos outros (PENTLAND, 2013, p. 54).

Assim como os cientistas esperam alcançar a convergência transdisciplinar em nanoescala – a tecnologia de fusão de biologia, física, química, e as informações em uma única ciência atômica – também devem buscá-la analistas políticos, procurando convergência na macroescala, integrando moral, filosofia, economia, psicologia e conhecimento jurídico em um sistema unificado, com estrutura pragmática organizada para a tomada de decisões de risco social (KYSAR, 2013).

A estruturação jurídica dos *compliance programs* se alicerça neste paradigma, pois “nunca se exigiu tanto das organizações uma conduta íntegra e responsável como nos tempos atuais, (...)”. Como se processou esta modificação? Ela se deu a partir “[d]a maior circulação de informação e provocou um aumento da transparência das organizações e, conseqüentemente, das expectativas da sociedade em geral em relação ao seu comprometimento ético” (COIMBRA; MANZI, 2010, p. XI).

No caso dos presumíveis novos direitos e deveres gerados na escala nano, o cumprimento voluntário do arcabouço normativo existente, embora não aplicável diretamente, dada a sua imprevisão, é um modelo empresarial que pode “(...) evitar a imposição de uma pena mediante a institucionalização de uma verdadeira e efetiva cultura de fidelidade ao Direito” (DÍEZ, 2013, p. 9), trazendo para o âmbito interna das organizações o diálogo entre as fontes do Direito, produzindo indicadores normativos a partir da legislação civil, penal, empresarial e administrativa, conjugadas com as normas internacionais oriundas da ISO e da OCDE e permeadas pela preocupação com as regras e os princípios constitucionais e o respeito aos Direitos Humanos. Estes últimos aqui entendidos como o respeito ao ser humano e outros seres vivos e a preservação do meio ambiente. Embora não haja obrigação de se criar estes programas para a pesquisa, produção e comercialização dos produtos gerados a partir das nanotecnologias é preciso destacar que neste particular reside a perspectiva ético-solidária que distinguirá as organizações doravante.

A garantia de um meio ambiente ecologicamente adequado, na sua íntegra, ou seja, incluindo deste modo saúde humana e saúde do ecossistema, não é apenas uma necessidade de garantia e implementação de direitos, mas também uma obrigação ética, dos seres humanos para com os seus próprios pares, membros todos de uma mesma coletividade. A “ética do cuidado”, a preocupação com a saúde humana e ambiental e com as futuras gerações deverá permear as decisões.

Existe um espaço privilegiado para a formatação de uma “cultura organizacional”, que é “(...) o resultado da análise das tarefas e sua transformação prática. O próprio sistema é denominado ‘empresa’”. É neste contexto que se inserem os “programas de decisão” como sendo “(...) as condições de retidão objetual das decisões”, geradas a partir da tradição suscitada pelo contexto e fomentando o respaldo na denominada “aceitação social” (LUHMANN, 2010, p. 299-300). Neste cenário, é que se projeta o comprometimento ético da organização, considerando que “(...) eleva a qualidade e velocidade das interpretações regulatórias, aprimorando o relacionamento com reguladores”. E mais: “(...) o *compliance* preserva a responsabilidade civil e criminal de proprietários, conselheiros e executivos, pois reduz e previne erros de administração” (COIMBRA; MANZI, 2010, p. 6s).

O cumprimento das normas e princípios jurídicos e/ou constitucionais ingressa na rotina da organização, visualizando-se a sua observância como um elemento positivo que favorece a aceitação social da

organização. Os programas de cumprimento das normas jurídicas é um ponto fundamental para a gestão dos riscos nanotecnológicos, pois a atuação é antecipatória, com fortes traços de precaução. A perspectiva da organização passa do cenário privado para uma “cumplicidade” na composição do espaço público onde ela e seus resultados – positivos ou negativos – estão inseridos.

Os programas de decisão, acomodados numa categoria mais ampla dos programas de cumprimento, são adequados especialmente para avaliar projetos complexos, inseridos na incerteza. E aqui se alojam os projetos envolvendo as nanotecnologias. O desenho aqui proposto não está vinculado a afastar completamente os erros. Muito pelo contrário, os programas de decisão, no interior dos programas de cumprimento, deverão estar preparados para lidar com os “*normal accidents*”.

No conjunto dos “sistemas organizacionais”, compreendidos como sistemas autorreferentes não-triviais, pode-se encontrar uma pluralidade de *Inputs*, como exemplos dados por Luhmann: “o mercado de matérias-primas, os mercados de abastecimento, o mercado de crédito, o mercado de trabalho”. Por outro lado, se encontra também uma “pluralidade de *Outputs* possíveis (para mercados de distribuição, sobre os quais se deverão ditar decisões)” (LUHMANN, 2010, p. 303s). Estas questões geram uma complexidade incalculável e que é característica marcante no conjunto das nanotecnologias.

Para organizar o programa de decisões, torna-se indispensável estabelecer os limites de *Inputs* e *Outputs*. Por isso, Luhmann menciona: “chamaremos programas condicionais aos programas orientados prioritariamente para o *Input* e programas de fins aos programas orientados prioritariamente para o *Output*”. Para a operacionalização destas formas de programa, Luhmann introduz uma distinção artificial, que não é pré-existente, mas que deve ser “construída no próprio sistema e deve ser realizada vinculante por meio de decisões”.

Os programas de decisões, que impulsionam a concretização dos programas de cumprimento, são compostos por programas condicionais, partindo da seguinte distinção: “os programas condicionais se distinguem entre condições e consequências; os programas de fins, entre fins e meios”. Para operar esta distinção torna-se imperiosa a “cognição”. Vale dizer, “os programas deste tipo somente são utilizáveis quando já se conhece o mundo e a comunicação pode contar com isso”. É neste campo que se deverá avaliar se os meios são adequados para se alcançar os fins e se o fim

valerá o custo exigido, ou se se deverão buscar outros meios ou simplesmente abandoná-los e buscar alternativas. Existe uma grande similitude com o princípio da proporcionalidade na operacionalização desta operação sistêmica.

Portanto, o grande desafio dos programas apresentados está justamente em não se ter respostas já prontas, bastando simplesmente executá-las. “Os programas produzem a possibilidade de uma decisão sempre adequada à situação”. Por conta disso, também se deverá distinguir “entre programas decisoriais e decisão”. Uma possibilidade de estruturação dos programas de cumprimento poderá ser importada da forma geral que os programas condicionais apresentam: “(...) eles têm a forma geral de ‘se – então’. Em termos gerais, isto significa ‘somente se – então’. O que, por sua vez, quer dizer: o que não está permitido, isto é, desencadeado pela condição mencionada, está proibido” (LUHMANN, 2010, p. 306-7). Aqui se verifica uma abertura para a avaliação e projeção dos riscos gerados a partir das investigações na nano escala.

Por outro lado, há um nexa causal entre fins e meios, permitindo-se a construção de cadeias. Este aspecto sinaliza para uma constatação no sentido de que o “programa prescinde da realidade que está dada no momento da decisão de programar”. Isto acaba sendo relevante, pois a realidade não está paralisada e, muito menos, as regras que integram o programa de decisão poderão ser aplicadas eternamente. Há necessariamente uma limitação temporal e que exige uma constante atenção para modificações e adequações, ou realinhamentos: “os programas, quando entram em vigor, valem até que sejam revogados. Constituem o ‘direito positivo’ da organização” (LUHMANN, 2010, 314s).

Aqui se tem o espaço para a operação com o direito à informação e o seu complemento, o dever de informação; em atenção à mudança do paradigma das organizações, focadas na antecipação, na transparência e no cumprimento das normas consumeristas, que se encontram vinculadas às regras e princípios constitucionais e, a partir deste arcabouço, às diretrizes internacionais alavancadas pelos Direitos Humanos.

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

industriais. Este conjunto já atinge a população humana e o meio ambiente.

O cerne do “direito de saber” é justamente este conhecimento mínimo sobre os progressos científicos que são gerados nos laboratórios e, muitas vezes, fomentados pelo próprio Estado, por meio de seus órgãos de fomento (CAPES, CNPq, FINEP, FAPERGS, entre outros). Em cada momento do ciclo de vida dos nano produtos deverá ser gerado uma espécie de conhecimento que seja adequado e compreensível pelos sujeitos envolvidos. Há uma série de desafios e oportunidades a partir do conhecimento do ciclo de vida do nanomaterial, que não poderão ser descuidados pelo Direito (CURRAM, 2015).

Esta é a encruzilhada que se desenha para o Direito e as demais áreas do conhecimento envolvidas com a Revolução Nanotecnocientífica, ou seja, encontrar alternativas seguras e responsáveis para lidar com o presente-futuro da vida de todos os seres vivos sobre a face da Terra, permitindo o aproveitamento saudável das contribuições científicas produzidas pela inteligência humana.

O desafio das nanotecnologias não é o desafio de como manter e conquistar uma fatia de um mercado emergente, mas sim, simplesmente, como se pode, enquanto sociedade, colher muitos benefícios possíveis a partir da nano escala e, ao mesmo tempo, evitar, limitar, ou pelo menos estar preparados para reparar os danos associados com a saúde humana e riscos ambientais que esta nova tecnologia poderá criar. Embora não se possa “conhecer” todos os resultados possíveis associados aos nanomateriais e nanotecnologias, é importante que as decisões sobre o desenvolvimento da nanotecnologia sejam orientadas para a redução do risco (Dana, 2012), e, ao invés de se originarem do Estado terão surgirão nas organizações diretamente implicadas com a sua pesquisa e desenvolvimento.

Assim, tem-se um novo desenho do jurídico, descentralizado, mais afastado do Estado, passando para a periferia, conjugando o público e o privado, em prol do social, do coletivo e do conjunto.

Por isso, ao invés daquelas características do positivismo jurídico, busca-se ampliar a efetividade, a adequação das respostas às perguntas formuladas pelas novas e nanotecnologias (ENGELMANN, 2013, p. 260). Tais mudanças profundas no Sistema do Direito se fazem urgentes e necessárias, a fim de possibilitar o seu diálogo com os demais Sistemas, especialmente o Sistema da Ciência, com o foco no equacionamento dos

eventuais riscos que poderão vir junto com o aprofundamento da Revolução Nanotecnológica.

Desta forma, se tem uma efetiva e inovadora guinada na especificação do jurídico e dos seus efeitos, que se antecipam, se modificam e se atualizam no próprio movimento de instalação das nanotecnologias.

Conclusão

O Direito e a produção do jurídico deverão ser projetados para além da previsão abstrata das regras jurídicas e dos pressupostos do suporte fático. É preciso fomentar mecanismos que viabilizem a interação com a realidade social que está subjacente a qualquer regulamentação, prestando atenção às transformações locais e globais, colocando em primeiro plano as “coisas humanas”.

A valorização do emaranhado de fontes hoje existentes, muitas delas especificadas pelos avanços da globalização e do surgimento de novos centros produtores de normatividade, deverão integrar os programas de cumprimento das organizações vinculadas às nanotecnologias. Com esta mudança estrutural, o Direito renovará a sua sintonia com a realidade do Sistema Social, passando a ser colorido e vibrante, ao invés de opaco, abrindo os seus braços para abraçar os novos direitos e deveres gerados pela inquietude própria do ser humano.

Há evidências de que não será o Estado, especialmente por meio do Poder Legislativo, que operacionalizará esta guinada. Uma alternativa poderá ser promovida a partir dos programas de cumprimento dos atores nacionais e transnacionais envolvidos com a pesquisa, desenvolvimento, industrialização e comercialização de produtos à base da nano escala. Esta é a situação do Direito na atualidade: está sendo desafiado enquanto área de conhecimento e também em seu aspecto intrínseco, na estruturação e no modo de construir e elencar os modos de atribuir efeitos jurídicos aos novos riscos e possibilidades produzidos pelos avanços científico-tecnológicos.

Substituindo-se a pirâmide pela disposição horizontal das fontes do Direito, enlaçadas umas às outras por meio de anéis, onde os movimentos de comunicação ocorrem de forma muito mais fluída e rápida, permitindo respostas jurídicas adequadas e em sintonia com os valores de uma sociedade que é local e global ao mesmo tempo. Nesta figura, igualmente,

não há preocupação de estabelecer os elementos do suporte fático previamente, mas, pelo contrário, que tenham sintonia com os direitos naturais-humanos-fundamentais.

Por conta deste panorama, que é inovador e desafiador ao mesmo tempo, se propõe o movimento de rearranjo da estruturação piramidal-positivista, para uma suave organização lado-a-lado ou anelar das fontes do Direito, facilitando variadas modalidades de movimentos, mas sempre guiados pela flexibilidade e por uma renovada construção de múltiplas trocas entre as nascentes normativas, perspectivadas na construção de “um estatuto mundial para a expertise científica, em condições de trabalhar com um ‘pluralismo ordenado’” (DELMAS-MARTY, 2013, p. 178s). Aí está um dos pontos centrais diálogo entre as fontes do Direito, perspectivado a partir de uma resistência à desumanização, por meio da responsabilização dos autores envolvidos, buscando-se uma antecipação dos riscos que estão se constituindo a partir, por exemplo, das nanotecnologias (DELMAS-MARTY, 2013).

Será necessária a criação de alternativas de produção jurídica que estejam eticamente cravadas no respeito ao ser humano e na preservação do meio ambiente. E mais. Mecanismos jurídicos que possam atuar de modo precaucional, antecipando-se aos prováveis efeitos adversos gerados pela revolução nanotecnocientífica, mudando-se o perfil de delimitação da juridicização dos fatos sociais: ao invés de ela se dar após os fatos, ela deverá ocorrer concomitantemente a eles.

Os programas de cumprimento, em atenção ao problema formulado na Introdução, a partir dos desdobramentos desenhados com apoio em Luhmann, se inserem neste contexto transformador que será inaugurado no Direito, mostrando-se como um caminho a ser trilhado pelas organizações que efetivamente querem se projetar no cenário nacional e internacional por meio do pressuposto básico: a preocupação com o consumidor e com o meio ambiente.

Referências

ABBONDANZA, Sébastien. Les Enjeux de la robotique. *Destination Science Les Thématiques*, Naintré, França, n. 1, novembre 2015.

BERGER, Michael. *A nanotechnology perspective for manufacturing*. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acessado em: 08 set. 2016.

COIMBRA, Marcelo de Aguiar; MANZI, Vanessa Alessi (Orgs.). *Manual de Compliance: preservando a boa governança e a integridade das organizações*. São Paulo: Atlas, 2010.

CURRAN, Mary Ann. Nanomaterials Life Cycle Assessment: framing the opportunities and challenges. In: VASEASHTA, Ashok (Ed.). *Life Cycle Analysis of nanoparticles: risk, assessment, and sustainability*. Lancaster: DEStech Publications, 2015. p. 35-54.

DANA, David A. *The Nanotechnology Challenge: creating legal institutions for uncertain risks*. New York: Cambridge University Press, 2012.

DELMAS-MARTY, Mireille. *Résister, Responsabiliser, Anticiper: ou comment humaniser la mondialisation*. Paris: Seuil, 2013.

DÍEZ, Carlos Gómez-Jara. *A Responsabilidade Penal da Pessoa Jurídica e o Dano Ambiental: a aplicação do modelo construtivista de autorresponsabilidade à Lei 9.605/98*. Tradução de Cristina Reindolff da Motta. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

ENGELMANN, Wilson. O direito frente aos desafios trazidos pelas nanotecnologias. In: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Org.). *Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica, Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS*. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora Ltda, v. 10, 2013.

ENGELMANN, Wilson. O direito à informação como um Direito Fundamental: os desafios humanos da comercialização de produtos elaborados a partir das nanotecnologias. In: BORTOLANZA, Guilherme; BOFF, Salette Oro (Coords.). *Direitos Fundamentais e Novas Tecnologias*. Florianópolis: Conceito Editorial, 2012.

GATTI, Antonietta M.; MONTANARI, Stefano. *Case Studies in Nanotoxicology and particle toxicology*. Oxford: Academic Press, Elsevier, 2015.

HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do Diálogo entre Fontes do Direito*. Curitiba: Juruá, 2014.

HULLMANN, Angela. *European activities in the field of ethical, legal and social aspects (ELSA) and governance of nanotechnology*. 2008. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/nanotechnology>>. Acessado em: 21 nov. 2016.

IHU online. *O que é a quarta revolução industrial*. 24/10/2016. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ISO. Organização Internacional de Padronização. ISO TC 229. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acessado em: 05 nov. 2016.

KYSAR, Douglas A. *Ecologic: Nanotechnology, Environmental Assurance Bonding, and Symmetric Humility*. 2013. p. 141. Disponível em: <<http://www1.cnsi.ucla.edu>>. Acessado em: 15 nov. 2016.

LEE, Kerry J. et al. In vivo imaging of transport and biocompatibility of single silver nanoparticles in early development of zebrafish embryos. *American Chemical Society Nano*, vol. 1, n. 2, p. 133-143, 2007.

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

LUHMANN, Niklas. *Organización y decisión*. Tradução de Darío Rodríguez Mansilla. México: Universidad Iberoamericana; Herder, 2010.

MARQUES, Bianca Fell et al. Toxicological effects induced by the nanomaterials fullerene and nanosilver in the polychaete *Laeonereis acuta* (Nereididae) and in the bacterial communities living at their surface. *Marine Environmental Research*, v. 89, p. 53-62, 2013.

NANOWERK. *Civil society demands action, not words, on nanotechnology*. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

NPD – NANODATABASE. Disponível em: <<http://nanodb.dk/en>>. Acesso em 10 nov. 2016.

PENTLAND, Alex. Além da câmara de eco. *Haward Business Review*, Brasil, Nov. 2013.

QUIÑONES-JURADO, Zoe Vineth et al. Silver nanoparticles supported on TiO₂ and their antibacterial properties: effect of surface confinement and nonexistence of plasmon resonance. *Materials Sciences and Applications*, 5, p. 895-903, 2014.

SALAMANCA-BUENTELLO, F.; et al. *Nanotechnology and the Developing World*. *PLoS Medicine*, a. 5, v. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.plosmedicine.org>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SUPPAN, Steve. *No Small Task: Generating Robust Nano Data*. Posted July 16, 2015. Disponível em: <<http://www.iatp.org>>. Acessado em: 09 nov. 2016.

WEYERMÜLLER, A. R; ROCHA, Leonel Severo. Paradoxo e meio ambiente: Uma Perspectiva Luhmaniana. *Novos Estudos Jurídicos*. [recurso eletrônico]. Vol. 20, nº. 3, p. 907-929, set./dez. 2015.

