

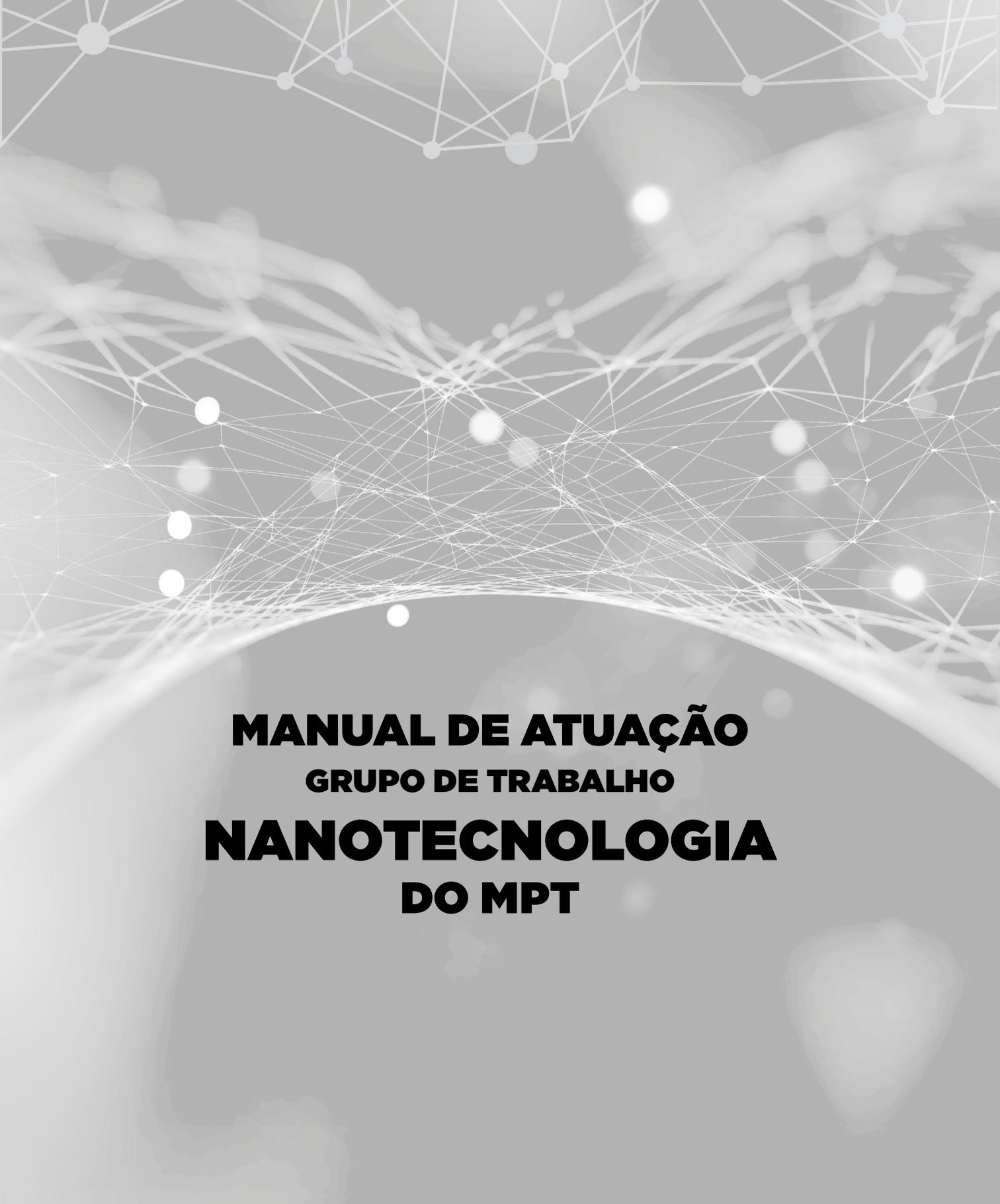


**MANUAL DE ATUAÇÃO**  
**GRUPO DE TRABALHO**  
**NANOTECNOLOGIA**  
**DO MPT**

Patrick Maia Merísio  
Guilherme Kirtschig  
Thiago Milanez Andraus  
Organizadores  
Prof. José Mauro Granjeiro  
Revisor Técnico

 **MPT** | **2024**





**MANUAL DE ATUAÇÃO**  
**GRUPO DE TRABALHO**  
**NANOTECNOLOGIA**  
**DO MPT**



Patrick Maia Merísio  
Guilherme Kirtschig  
Thiago Milanez Andraus  
Organizadores  
Prof. José Mauro Granjeiro  
Revisor Técnico

**MANUAL DE ATUAÇÃO**  
**GRUPO DE TRABALHO**  
**NANOTECNOLOGIA**  
**DO MPT**

Brasília, DF  
MPT  
2024

**Ministério Público do Trabalho**  
**Procuradoria-Geral do Trabalho**

*José de Lima Ramos Pereira* - Procurador-Geral do Trabalho  
*Maria Aparecida Gugel* - Vice-Procuradora-Geral do Trabalho  
*Gláucio Araújo de Oliveira* - Diretor-Geral

**Coordenadoria Nacional de Defesa do Meio Ambiente do Trabalho e da Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora - Codemat**

*Cirlene Luiza Zimmermann* – Coordenadora Nacional  
*Juliane Mombelli* – Vice-Coordenadora Nacional

**Grupo de Trabalho Nanotecnologia**

*Patrick Maia Merísio (coordenador)* - Procurador do Trabalho  
*Adriane Reis de Araújo* - Procuradora Regional do Trabalho  
*Elaine Noronha Nassif* - Procuradora do Trabalho  
*Guilherme Kirtschig* - Procurador do Trabalho  
*Jorsinei Dourado do Nascimento* - Procurador Regional do Trabalho  
*Sandro Henrique Figueiredo Carvalho de Araújo* - Procurador do Trabalho  
*Thaís Fidelis Alves Bruch* - Procuradora do Trabalho  
*Thiago Milanez Andraus* - Procurador do Trabalho  
*Valdenice Amália Furtado* - Procuradora do Trabalho

**Secretaria de Comunicação Social da PGT – Secom**

*Sebastião Vieira Caixeta* – Secretário de Comunicação Social  
*Philippe Gomes Jardim* – Secretário Adjunto de Comunicação Social

**Projeto Gráfico**

*Gráfica Movimento*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca da Procuradoria-Geral do Trabalho)

M294

Manual de atuação Grupo de Trabalho Nanotecnologia do MPT / Patrick Maia Merísio, Guilherme Kirtschig, Thiago Milanez Andraus, organizadores ; Prof. José Mauro Granjeiro, revisor técnico – Brasília : Ministério Público do Trabalho, 2024.  
168 p. : il.

Inclui bibliografia.  
ISBN 978-65-89468-38-7 (digital)  
ISBN 978-65-89468-37-0 (impresso)

1. Direito do trabalho. 2. Ambiente do trabalho. 3. Saúde do trabalhador. I. Merísio, Patrick Maia. II. Kirtschig, Guilherme. III. Andraus, Thiago Milanez. IV. Granjeiro, José Mauro. V. Brasil. Ministério Público do Trabalho. Coordenadoria Nacional de Defesa do Meio Ambiente do Trabalho e da Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora (Codemat).

CDDir 341.6

# SUMÁRIO

1	BAEDEKER. ....	8
2	NANOTECNOLOGIA .....	23
3	PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS NORMATIVOS DA NANOTECNOLOGIA: APLICAÇÃO NO DIREITO DO TRABALHO. ....	45
4	NANOTECNOLOGIAS: REGULAÇÃO BASEADA EM EVIDÊNCIAS. ....	64
5	SUSTENTABILIDADE, PRECAUÇÃO E RESPONSABILIDADE CIVIL NA PRODUÇÃO, MANIPULAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES .....	72
6	CONTRIBUIÇÕES DA CGTH-MCTI PARA O MANUAL DE ATUAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EM NANOTECNOLOGIA, DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO (MPT) .....	89
7	PROTEÇÃO DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS DOS POTENCIAIS RISCOS DOS NANOMATERIAIS NO MANUSEIO E NA PRODUÇÃO. ....	114
	ANEXOS. ....	124

# 1. BAEDEKER<sup>1</sup>

**Patrick Maia Merísio<sup>2</sup>**  
**Guilherme Kirtschig<sup>3</sup>**  
**Thiago Milanez Andraus<sup>4</sup>**

Caminante, no hay camino  
se hace camino al andar<sup>5</sup>

## Introdução

O leitor tem em mãos a versão 1.0 do Manual de Atuação de Grupo de Trabalho de Nanotecnologia do MPT (GT Nano), resultante de um esforço inicial de síntese e sistematização do aprendizado haurido no curso dos trabalhos empreendidos pelo grupo até o momento, e voltado a oferecer subsídios à atuação dos membros do MPT, quando diante de matéria nanotecnológica.

Espera-se que, recursivamente, a atuação ministerial nessa seara, com auxílio dos subsídios deste Manual, possa revelar novas facetas, novos problemas ou novos ângulos de problemas já conhecidos, que por seu turno suscitarão novos estudos e novas versões do Manual, em um contínuo turbilhão do conhecimento. Afinal, conforme apontam Edgar Morin (2016) e César Hidalgo (2015), os livros consistem em reservas cristalizadas de organização, com um papel a desempenhar no funcionamento e na própria constituição da megamáquina social, ao proporcionar bases para novas desorganizações e novas criações.

Para a consecução de todos esses desideratos, este primeiro capítulo do Manual pretende funcionar como um guia de viagem, tratando brevemente da constituição do Grupo de

- 1 A ideia de um capítulo introdutório à moda de um guia de viagem, inclusive chamando-o assim, foi utilizada em Dworkin (2011).
- 2 Coordenador do GT Nano. Procurador do Trabalho lotado na PRT 2ª Região. Mestre em Direito e Sociologia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professor de Direito Ambiental do Trabalho da Escola da ANPT.
- 3 Coordenador-adjunto do GT Nano. Procurador do Trabalho lotado na PRT 9ª Região. Doutorando em Ciência Jurídica pela Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Mestre em Ciência Jurídica pela UNIVALI. Especialista em Direito Penal Econômico pela Universidade de Castilla-La Mancha.
- 4 Membro do GT Nano. Procurador do Trabalho lotado na PRT 9ª Região. Master of Laws pela Universidade de Syracuse/ NY. Especialista em Direito do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).
- 5 Epigrama de Proverbios y Cantares, de António Machado, poeta sevilhano (1875-1939).

Trabalho de Nanotecnologia, de seus objetivos, das vertentes de atuação descortinadas no curso de suas atividades; e buscando realizar um diálogo entre esse conjunto, e cada um dos capítulos subsequentes, os quais enfocam distintos aspectos da problemática nanotecnológica, nas suas interfaces com o âmbito de atribuições do MPT.

De plano, cabe assentar que os artigos foram elaborados tanto pelos membros do GT Nano, quanto por representantes de instituições parceiras. Desse modo, a própria existência do Manual já demonstra a frutificação de, pelo menos, um dos objetivos do GT, qual seja, a participação do MPT nas redes voltadas à construção do saber atinente à Nanotecnologia e seus impactos, especialmente no tocante ao Meio Ambiente do Trabalho. Como não poderia ser diferente, tais redes são de caráter plural, inter e transdisciplinar, visto que somente nestes termos, um objeto complexo pode deixar-se descortinar. Os artigos encartados no Manual refletem o caráter pluralista dessas redes.

Por fim, cabe acrescentar que a ordem de apresentação dos trabalhos, aqui proposta pelos organizadores, não ostenta qualquer pretensão de aferrar-se a uma rígida lógica de distribuição do conteúdo.

Ao contrário, fiel à lógica possibilística que anima as tecnologias disruptivas, ela segue uma das possíveis rotas para exploração da temática, sem excluir outras, sempre dependentes do ângulo de observação ditado pelos contornos do problema em apreciação. O escopo deste Manual é justamente que os membros do MPT possam contar com, no mínimo, alguma luz para melhor apreender o problema que se apresenta.

## O GT Nano

O GT Nano foi criado, inicialmente, como grupo de estudos, a partir de proposta nesse sentido apresentada perante o colegiado da CODEMAT, por ocasião de sua 21ª Reunião Ordinária, em 21.3.2017 (Brasil, 2017). Em 22.11.2021, foi transformado em Grupo de Trabalho (GT) vinculado à referida Coordenadoria, por meio da Portaria 1663.2021 do Exmo. Procurador Geral do Trabalho (PGT). Em 20.12.2022, o GT Nano teve sua duração prorrogada pela Portaria 1907.2022, também do PGT, e permanece em atividade até o momento.

O GT vislumbra os seguintes objetivos (Brasil, 2022):

- a) Definir vertentes e prioridades para a atuação para o MPT, face aos desafios apresentados pela Nanotecnologia e outras tecnologias disruptivas com ela convergentes, especialmente envolvendo o uso de Materiais Avançados, no tocante à esfera laboral; de modo a assegurar a qualidade e a Sustentabilidade dos Ambientes de Trabalho.

- b) Desenvolver estratégias para essa atuação, e formular propostas de projetos para concretizá-la.
- c) Promover articulações com a Academia, organizações da Sociedade Civil e outros órgãos públicos, assim como celebrar convênios e realizar eventos para discussão, regulação, regulamentação, incentivo ou desincentivo a práticas na área de Nanotecnologia, Materiais Avançados e outras tecnologias disruptivas convergentes, em conformidade com os valores defendidos pelo MPT, com a Sustentabilidade, e em harmonia com os itens anteriores.

Por sua vez, os objetos do GT consistem:

- a) nos impactos da Nanotecnologia e outras tecnologias com ela convergentes, em relação ao Meio Ambiente do Trabalho, em especial à saúde física e mental dos trabalhadores envolvidos na pesquisa e desenvolvimento, produção, processamento, aplicação, comercialização, transporte e outras etapas do ciclo econômico desses produtos.
- b) nos Impactos dessas tecnologias nas relações de trabalho, especialmente em relação à automação de processos, interação de trabalhadores com ferramentas baseadas nessas tecnologias, aprofundamento de vulnerabilidades e desigualdades, defraudação **de relações** de emprego, e afetação das esferas de intimidade e privacidade de trabalhadores.
- c) na sustentabilidade da Nanotecnologia e outras tecnologias com ela convergentes, com foco nas relações de trabalho.

Conforme discussões entabuladas por ocasião da deliberação colegiada pela instauração do GT, e registradas na ata da reunião na qual essa decisão ocorreu; é plenamente justificável o interesse do MPT na matéria, a partir de vários aspectos interrelacionados, sob os quais o tema pode ser considerado.

Observe-se, por um lado, que, inobstante avanços ocorridos nos últimos anos, os impactos da Nanotecnologia sobre o Meio Ambiente e a saúde humana ainda são largamente desconhecidos, até porque o desenvolvimento de novos materiais e aplicações tem sido intensivo, frequentemente à frente das investigações relacionadas às suas consequências.

Não bastasse isso, as pesquisas que já ocorreram lograram apontar várias repercussões negativas, de diversos Nanomateriais, sobre o funcionamento dos organismos vivos.

Já iniciando o processo de diálogo com os capítulos do Manual, nota-se que uma síntese dessas descobertas pode ser encontrada no artigo de autoria da equipe da Fundacentro, adiante (capítulo 7o). Um bom resumo, incluindo o recente estado da técnica, também pode ser encontrado no relatório técnico elaborado pelos Drs. Hodson e Eastlake (2022), do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), vinculado ao Center for Disease Control

(CDC) dos Estados Unidos da América, o qual exerce, naquele país, atribuições próximas às da Fundacentro no Brasil.

Por outro lado, vale apontar que a Nanotecnologia vem recebendo crescentes investimentos, tendo seu desenvolvimento fomentado globalmente por atores públicos e privados, dos mais diversos âmbitos de atuação (acadêmico, industrial, financeiro, governamental).

Sob esse enfoque, mais do que uma tecnologia ou uma família de tecnologias, vocacionadas à resolução de problemas existentes, a Nanotecnologia revela-se um Technological Path, ou seja, uma via de indução à criação de produtos, voltados a desbravar seus próprios nichos de mercado e gerar novas oportunidades de negócios (Invernizzi; Folladori, 2006). Desse modo, a Nanotecnologia seria uma solução em busca de problemas, e não o inverso (Invernizzi; Folladori, 2006).

Em razão das vastas potencialidades de geração de valor, o vácuo informativo e regulatório a respeito de seus impactos só faz tornar esse caminho mais atraente, enquanto potencial multiplicador do capital (Invernizzi; Folladori, 2006). Mais ainda, com a ideia do Technological Path, pode-se afirmar que o vácuo informativo é estimulado pelos atores nanotecnológicos, ao voltar seus recursos técnicos, científicos e financeiros ao desenvolvimento de novos produtos, e não à aferição dos variados impactos de seu uso.

Nesse contexto, deve-se esperar um amplo crescimento na produção e utilização de produtos nanotecnológicos, nos mais diversos campos da atividade econômica, e cada etapa dos processos envolverá um número maior de trabalhadores, na medida em que de distribui no entorno das cadeias produtivas desde os laboratórios onde são criados até as indústrias intensivas em mão de obra nas quais são incorporados em outros produtos<sup>6</sup>.

O preenchimento do vácuo informativo pode ser efetuado ou catalisado por atores que vislumbrem a preservação do interesse coletivo e os impactos das novas tecnologias sobre o Meio Ambiente e a Sociedade; e, junto com o conhecimento, erigem-se amplas possibilidades de regulação jurídica do tema<sup>7</sup>.

O desafio é gerir o Technological Path para rumos que sejam compatíveis e benéficos para o interesse coletivo, já que as Nanotecnologias, em diversas oportunidades, revelaram facetas benéficas para o desenvolvimento de soluções energéticas limpas, tratamentos de saúde e geração de renda para os países que as desenvolvem e estimulam. O artigo de Felipe Bellucci, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI (capítulo 6o) compila um rico acervo de informações sobre as políticas públicas de incentivo à inovação existentes no âmbito do

6 Nesse sentido, por exemplo, a advertência apresentada pela Agência de Segurança Ocupacional dos Estados Unidos da América (Occupational Safety and Health Administration) (Estados Unidos da América, 2013).

7 A respeito, vide, por exemplo, Engelmann e Gomes (2018).

MCTI, voltadas a assegurar a competitividade da ciência e tecnologia brasileiras na área, e sua integração às cadeias globais de valor. O artigo aborda, ainda, a infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento existente na seara da Nanotecnologia e outros materiais avançados. O artigo da Fundacentro (capítulo 7º) também aponta para a importância das Nanotecnologias para o desenvolvimento do país, destacando a necessidade de seu uso seguro para os trabalhadores.

O MPT tem amplos recursos institucionais para induzir a geração de conhecimento a respeito da Nanotecnologia, estimulando os atores estatais ou privados a mantê-la e promovê-la. Do mesmo modo, pode encorajar a produção de regulação jurídica, em diversos níveis; desde o mais geral, legislativo, até o mais concreto, no espaço de cada laboratório ou chão de fábrica.

Novamente adiantando o diálogo com os capítulos seguintes, registra-se que vários deles tratam da matéria regulatória no âmbito da Nanotecnologia, tanto em relação aos princípios aplicáveis (Patrick Maia Merísio e Guilherme Kirtschig, do MPT), quanto às técnicas de regulação (Pedro Canísio Binsfeld, da Fundação Oswaldo Cruz) e à pesquisa regulatória comparada (Felipe Bellucci).

Em relação ao preenchimento do vazio informativo, novamente se destaca o artigo elaborado pela equipe da Fundacentro, que relata os esforços do órgão para a construção de saberes pertinentes à proteção da saúde e segurança do trabalhador, ao ativar-se na produção ou manuseio de Nanoprodutos Engenheirados.

Durante o curso das atividades do GT Nano, e considerando-se todo esse quadro, foi possível delinear algumas vertentes amplas para a atuação do MPT na matéria, a saber:

- a) proteção da saúde e segurança de trabalhadores envolvidos na pesquisa e produção de Nanomateriais Engenheirados, atividades geralmente encontradas em laboratórios situados em campi universitários;
- b) proteção da saúde e segurança de trabalhadores envolvidos na utilização de Nanomateriais como parte dos processos de produtivos de outros itens, a qual usualmente ocorre no setor industrial privado, em áreas como as de produtos farmacêuticos, cosméticos, têxteis, dentre outros.
- c) acompanhamento e fomento às atividades de pesquisa e regulação promovidas pelas entidades públicas vocacionadas à proteção da saúde e segurança dos trabalhadores, especialmente a Fundacentro;
- d) promoção das atividades de valorização da ciência e da tecnologia, do direito à informação do trabalhador e estímulo à educação e formação do trabalhador e do empregador, para maior conscientização sobre os riscos envolvidos na aplicação das novas tecnologias,

bem como sobre as vantagens delas decorrentes, e para fins de ampliação da empregabilidade no setor;

e) proteção do trabalhador e promoção do direito ao trabalho em face da automação decorrente das novas tecnologias e das novas formas de organização do trabalho pertinente ao setor; bem como mitigação dos impactos dessa tecnologia na empregabilidade dos trabalhadores, especialmente minorias vulneráveis.

Algumas das frentes de atuação, acima expostas, têm perfil preponderantemente abstrato ou “macro”, e já foram iniciadas no âmbito do próprio GT, como é o caso da letra “c”.

Como já mencionado, grande parte da atividade do GT consistiu na participação do MPT em redes de colaboração na troca e difusão de informações regulatórias, envolvendo órgãos governamentais, como a Fundacentro, o Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO e o MCTI; a Academia; empresas; e entidades sindicais.

À guisa de exemplos, podem-se citar: elaboração de Termo de Referência para avaliação de riscos ocupacionais na manipulação e produção de materiais nanotecnológicos; realização de 2 Seminários sobre Nanotecnologia, envolvendo a Academia, órgãos dos diversos Poderes do estado, e Sociedade Civil, na sede da PRT/2 (São Paulo/SP), e participação em diversos outros, organizados por instituições parceiras; realização de 2 cursos sobre Riscos à Saúde do Trabalhador em Nanotecnologia, com pesquisadores da Fundacentro, na sede da PRT/12 (Florianópolis/SC); celebração de Acordo de Cooperação Técnica com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, para viabilizar o intercâmbio de dados, informações e tecnologias, com o objetivo de aprimorar as atividades finalísticas dos envolvidos, em prol da melhoria das condições gerais de meio ambiente de trabalho dos trabalhadores brasileiros por meio do desenvolvimento, da aplicação e do monitoramento contínuo de novas tecnologias e processos produtivos e intercâmbio e compartilhamento de conhecimentos de tecnologias e metodologias; participação no V INTRONANOTOX do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), no qual foram discutidos conceitos de Nanotoxicologia; apresentação de Painel sobre regulação de Tecnologias Emergentes na Conferência Internacional ICON-S Mundo 2022, em Wroclaw, Polônia; participação na construção do Portal de Normas para Nanotecnologia, iniciativa do MCTI (<https://ead.inmetro.gov.br/mod/page/view.php?id=447>); participação em pesquisas sobre Nanotoxicologia Laboral, e visita às instalações do LLNano e o Acelerador de Partículas Sírius, em Campinas/SP; participação em missão técnica do MCTI ao Reino Unido<sup>8</sup>. Ainda quanto à articulação interinstitucional com objetivos regulatórios, o GT Nano, com inestimável apoio da Secretaria de Assuntos Legislativos da PGT (SAL), efetuou

8 A integralidade das atividades do GT pode ser encontrada em BRASIL. Ministério Público do Trabalho. **PGEA 20.02.1201.0000059/2020-10**. Disponível em <<https://mptdigital-cosmos.mpt.mp.br/codin/manutencao.php?consulta=1&processo=311291>>acesso em 31.ago.2023.

gestões para o aperfeiçoamento de Projeto de Lei sobre Nanotecnologia, em trâmite no Senado Federal. Há, nos anexos, cópia do projeto originalmente submetido; de Nota Técnica apresentada ao então Relator, pelo GT Nano; e do relatório aprovado na Comissão de Constituição e Justiça (CCJ) daquela Casa, acolhendo as sugestões da Nota Técnica.

O texto estabelece ou reitera princípios atinentes à saúde e segurança do trabalhador no manuseio de Nanoprodutos, consentâneos com o texto constitucional e convenções internacionais relativas à matéria ambiental do trabalho, como os da Prevenção, da Sustentabilidade, da consideração dos impactos; da participação e da informação ao público e à sociedade. Estabelece, ainda, diretrizes para a pesquisa e inovação tecnológica, voltadas à redução dos riscos inerentes ao trabalho, quando envolverem tais atividades, podendo-se citar a avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores; e a formação, educação e capacitação profissional dos trabalhadores, de forma permanente.

A legislação, se aprovada nesses termos, servirá como útil vetor interpretativo na apreciação de situações concretas, especialmente quanto às medidas a serem exigidas em caso de atividades envolvendo esse tipo de produto.

Por outro lado, outras vertentes de atuação, como as mencionadas nas letras “a” e “b” acima, atraem principalmente a intervenção concreta, focalizada em cada ambiente de trabalho.

Para essa finalidade, o GT Nano tem fomentado e contribuído para a pesquisa, desenvolvimento e construção de metodologias de avaliação de risco das atividades envolvendo Nanotecnologia, a fim de serem incorporadas às rotinas de saúde e segurança no trabalho já previstas na legislação e normas regulamentadoras (NR’s), como aquelas representadas pela elaboração e implementação do Programa de Gestão de Riscos (PGR).

O estado da arte na matéria é representado pela matriz metodológica denominada *Control Banding*, que consiste em uma catalisadora de informações disponíveis na literatura científica acerca de cada nanomaterial, organizando-as a partir de parâmetros comuns a todos os Nanomateriais, como sua reatividade química, solubilidade, energia das partículas, formato, carcinogenicidade<sup>9</sup>.

9 Observe-se que a Nanotecnologia é, essencialmente, uma manipulação de formas, sendo justamente tal morfogênese a responsável pela modificação de propriedades das substâncias e compostos, de modo a atender ou melhor atender algum objetivo econômico. A efetividade de qualquer metodologia preventiva, portanto, depende que ela se organize também a partir das formas, pois esse é o traço comum entre a miríade de Nanoprodutos existentes, cuja variedade torna inviável o desenvolvimento de uma metodologia específica para cada um. Em um âmbito filosófico, é possível afirmar que as Nanotecnologias turbam a distinção entre forma e substância, da clássica filosofia aristotélica, situação que já se desenvolvia desde o início da manipulação da matéria na escala atômica. Os átomos são, essencialmente, espaço vazio, e é sua organização formal que permite o vislumbre das propriedades das “substâncias”, na escala meso ou macrofísica.

A partir das informações disponíveis, são atribuídas pontuações de gravidade aos riscos correspondentes, e estabelecidas medidas protetivas coletivas a individuais a partir das faixas de gravidade de risco nas quais os Nanoprodutos se inserem (daí a denominação da metodologia).

O *Control Banding* adere ao Princípio da Precaução, já que possibilita a dosagem das medidas de segurança aplicáveis, em sintonia tanto com o caráter mais ou menos ameaçador do risco de cada produto ou modo de utilização, como ainda em relação aos graus maiores ou menores de incerteza ainda existentes acerca dos seus efeitos. Também em harmonia com a Precaução, a sistemática proporciona o constante acompanhamento, pelas equipes dos SESMTs, da evolução das pesquisas a esse respeito, proporcionando condições de imediato ajuste nas providências, quando um potencial mais gravoso de risco for eventualmente descoberto.

O artigo elaborado pela Fundacentro trata dessas técnicas; estando em curso cooperação com o órgão para o desenvolvimento de uma nova metodologia dessa família.

Além disso, nos anexos, há um Termo de Referência detalhando uma dessas metodologias, produzido pelo Prof. Ary Correia, do Centro de Tecnologia em Nanomateriais (CT Nano), de Belo Horizonte/MG, em cooperação com a Procuradoria Regional do Trabalho da 3ª Região, por iniciativa de membra do GT Nano, Dra. Elaine Nassif. O Termo de Referência está pronto para utilização, para avaliação de riscos em ambientes laborais específicos.

Sem embargo do modo de atuação mais afeito a qualquer das vertentes descortinadas no âmbito do GT Nano, ou das outras que venham a ser estabelecidas na atividade concreta de cada membro do MPT; é certo que todas clamam pela conjunção dialética dos instrumentos disponíveis ao MPT.

Afinal, o trabalho conceitual torna-se inócuo, caso não seja transformado em praxis nos ambientes de trabalho; e nenhuma intervenção em ambientes de trabalho será efetiva, se não forem idealizadas e teorizadas anteriormente.

## Os Artigos Integrantes do Manual

### NOÇÕES INTRODUTÓRIAS SOBRE NANOTECNOLOGIA

O segundo capítulo do Manual consiste na reprodução de uma apresentação elaborada pelo Coordenador do GT Nano, Patrick Maia Merísio, contendo as noções introdutórias a respeito

da Nanotecnologia, necessárias para a uma primeira compreensão da problemática envolvida, explicadas a partir de recursos visuais altamente inteligíveis.

O autor oferece, por exemplo, a conceituação da própria Nanotecnologia, assim como de Nanomateriais, Nanosseguurança e Nanotoxicologia, e propõe exemplos de suas aplicações. Ainda, apresenta uma primeira explicação básica sobre o Termo de Referência relativo à metodologia de Control Banding, anexa a este Manual.

A parte conceitual, mencionada neste capítulo, é aprofundada.

O artigo elaborado pela equipe da Fundacentro (capítulo 7o) também apresenta noções introdutórias sobre essas duas dimensões da matéria nanotecnológica. A sua leitura, conjuntamente com este capítulo, proporciona uma fertilização cruzada que enriquece o panorama ilustrativo, traçado em ambas as contribuições.

## PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS NORMATIVOS DA NANOTECNOLOGIA: APLICAÇÃO NO DIREITO DO TRABALHO

No terceiro capítulo, de autoria do Coordenador do GT Nano, Patrick Maia Merísio, realiza-se uma exposição sobre a necessidade de regulamentação das Nanotecnologias e de seus impactos, de acordo com metodologias baseadas no Princípio de Precaução. Apresentam-se, sinteticamente, os conceitos relacionados à Nanotecnologia, as formas de regulação, e os princípios fundamentais aplicáveis, com destaque para os Princípios da Precaução e da Participação do público. O artigo discorre, ainda, sobre as atividades do GT Nano.

Além de revelar-se um aprofundamento do conteúdo do capítulo mencionado acima, o trabalho pode ser lido em conjunto com o artigo de autoria do Coordenador-Adjunto do GT Nano, Guilherme Kirtschig (capítulo 5º), o qual propõe, entre outros temas, uma visão da Sustentabilidade e do Princípio da Precaução, peculiares às Tecnologias Emergentes.

Tal visão tem possibilidades de diálogo com as ideias de regulação expostas no capítulo aqui tratado, bem como aquelas preconizadas no artigo de autoria do Prof. Pedro Canísio Binsfeld (capítulo 4º) e com a pesquisa regulatória global discutida no artigo de Felipe Bellucci (capítulo 6º).

Todos esses trabalhos apontam para a inserção das Nanotecnologias entre as matérias suscetíveis da denominada regulação não-tradicional, ou seja, para a insuficiência dos meios de

comando e controle, e para a necessidade de construção pluralista e multiatores de instrumentos para evitar ou mitigar os seus impactos potencial ou efetivamente danosos<sup>10</sup>.

## NANOTECNOLOGIAS: REGULAÇÃO BASEADA EM EVIDÊNCIAS

O artigo, aqui apresentado, é de autoria do Dr. Pedro Canísio Binsfeld, PhD em Biotecnologia e pesquisador vinculado à Fundação Oswaldo Cruz, ligada ao Ministério da Saúde.

O objeto do trabalho é, assim como o anteriormente tratado, a regulação das Nanotecnologias. O autor observa que, ante as ainda limitadas evidências técnicas e científicas validadas, para fins de análise dos impactos das Nanotecnologias, utiliza-se predominantemente o modelo de comando e controle além de se aplicar o Princípio da Precaução como meio de evitar perigos cuja ocorrência seja, no mínimo, verossímil. Como alternativa ao atual modelo regulatório, discorre-se no texto sobre a melhor prática regulatória global, a qual se vale da ciência regulatória e da regulação baseada em evidências.

Binsfeld aponta que, globalmente, cresce a aceitação do uso de evidências técnicas e científicas validadas para auxiliar autoridades regulatórias na elaboração de normatização eficaz para proteção dos interesses públicos, e maximizar os benefícios econômicos e sociais das tecnologias reguladas. Para além disso, evidências permitem antecipar possíveis riscos e permitem abordagens proativas para a regulação das Nanotecnologias. Ele aduz que a implementação de um modelo de regulação baseada em evidências requer maturidade política, científica, técnica e regulatória, para que os benefícios sejam aproveitados de maneira a prover prosperidade, segurança e sustentabilidade.

O artigo apresenta interessante potencialidade de diálogo com os textos produzidos por Patrick Maia Merísio (capítulo 3o) e Guilherme Kirtschig (capítulo 5o), este último, especialmente ao abordar o papel das evidências científicas na aplicação do Princípio da Precaução diante de tecnologias emergentes, e na avaliação de sua sustentabilidade multidimensional.

O artigo de Felipe Bellucci (capítulo 6o), por seu turno, trata, entre outros temas, justamente de uma iniciativa de pesquisa regulatória, o projeto NANoREG, o qual consiste na constituição de uma rede de pesquisadores voltados à sistematização de evidências científicas específicas, acerca de inúmeros Nanomateriais comercializáveis. O desiderato é o desenvolvimento de regulações, nos diversos países, que sejam compatíveis entre si, e dialoguem a partir de uma base de dados comum, permitindo o intercâmbio tecnológico e a circulação do valor agregado.

10 Sobre regulação não tradicional aplicável às Nanotecnologias, especialmente no âmbito laborambiental, vide Goes e Engelmann (2015).

O trabalho guarda estreita relação com a regulação baseada em evidências e com o modelo de ciência regulatória, e assim, ilumina aspectos abordados também no capítulo aqui apresentado.

Vale ressaltar, novamente, a pertinência desta discussão em relação à regulação não-tradicional de Tecnologias Emergentes.

## SUSTENTABILIDADE, PRECAUÇÃO E RESPONSABILIDADE CIVIL NA PRODUÇÃO, MANIPULAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES

O artigo, de lavra do Coordenador-Adjunto do GT Nano, Guilherme Kirtschig, tem, por objetivo geral, delinear uma concepção de Sustentabilidade que possa responder aos riscos das Tecnologias Emergentes, sem prejudicar as oportunidades que elas apresentam.

Como objetivos específicos, busca-se apresentar duas abordagens de Sustentabilidade, *top-down* e *bottom-up*, e seu relacionamento com a tecnologia em geral; a seguir, descrever as Tecnologias Emergentes e os Princípios da Precaução e da Promoção, vinculando-os às duas abordagens da Sustentabilidade, e situar o conjunto no cenário jurídico brasileiro; apresentar uma leitura ativa e contextualizada do Princípio da Precaução, apta a embasar uma terceira abordagem da Sustentabilidade, destinada a resguardar os valores constitucionais em sua interface com as Tecnologias Emergentes, sem abrir mão de seus benefícios; e, finalmente, descrever a vinculação dessa abordagem da Sustentabilidade com a Responsabilidade Civil em sua dimensão preventiva, que igualmente opera sob o vetor do Princípio da Precaução.

A discussão, exposta neste artigo, dialoga com as contribuições de Patrick Maia Merísio (capítulo 3o), Pedro Canísio Binsfeld (capítulo 4o) e Felipe Bellucci (capítulo 6o), acerca das questões envolvendo a regulação, o Princípio da Precaução e a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, especialmente os desafios postos pela necessidade de seu controle, sem renunciar a seus benefícios.

## CONTRIBUIÇÕES DA CGTH-MCTI PARA O MANUAL DE ATUAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EM NANOTECNOLOGIA, DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO (MPT)

Este capítulo, da lavra do Dr. Felipe Bellucci, PhD em Física vinculado ao MCTI, expõe com detalhes as políticas públicas voltadas ao estímulo da inovação em ciência e tecnologia, assim como o desenvolvimento de instituições dedicadas ao ensino e pesquisa nas áreas tecnológi-

cas, incluindo a Nanotecnologia, e o alargamento da infraestrutura material, como laboratórios e equipamentos, necessária a possibilitar aos cientistas e estudantes que desempenhem as suas atividades.

Bellucci também trata detalhadamente da regulação internacional em Nanotecnologia, com o ingresso do Brasil na iniciativa NANoREG, que tem por objetivo de fornecer às agências reguladoras e aos legisladores do Brasil as ferramentas necessárias para que se tenha uma regulamentação em Nanotecnologia devidamente baseada em conhecimentos científicos, em consonância com a regulamentação mundial, e que dê segurança a trabalhadores, consumidores e ao meio-ambiente. Como já apontado, busca-se que as regulações sejam compatíveis entre si, partindo de uma base de dados comum.

Também como já referido, o capítulo dialoga com os artigos apresentados por Patrick Maia Merísio (capítulo 3o), Pedro Canísio Binsfeld (capítulo 4o) e Guilherme Kirtschig (capítulo 5o). Além disso, ao proporcionar bases de dados, o artigo dialoga com a contribuição da Fundacentro (capítulo 7º), já que a efetiva tutela da saúde e segurança do trabalhador depende da existência de informações científicas sólidas sobre os efeitos das Nanoprodutos, a serem incorporadas nas metodologias de avaliação de risco ocupacional.

Interessante destacar, ainda, que este artigo oferece um primeiro mapeamento da infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento de Nanoprodutos no Brasil, catalisadora de setores produtivos relacionados.<sup>11</sup> O artigo, especialmente se lido em conjunto com aquele elaborado pela Fundacentro (capítulo 7º), permite vislumbrar as aplicações da Nanotecnologia e, via de consequência, os setores da atividade econômica que irão utilizá-los.

## PROTEÇÃO DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS DOS POTENCIAIS RISCOS DOS NANOMATERIAIS NO MANUSEIO E NA PRODUÇÃO

O capítulo foi redigido pela equipe da Fundacentro, dedicada ao estudo da Nanotecnologia e sua interface com a saúde e segurança dos trabalhadores que exercem suas atividades com exposição a Nanoprodutos Engenhariais. Tal equipe é composta pelos pesquisadores Arline Sydneia Abel Arcuri, Jorge M. Pontes, José Renato Alves Schmidt, Luís Renato Balbão Andrade, Maria de Fátima Torres Faria Viegas e Valéria Ramos Soares Pinto, cuja formação provém de distintos campos do conhecimento.

11 Sobre o funcionamento da informação como indutora da formação de clusters produtivos relacionados aos objetos das pesquisas científicas e tecnológicas existentes em seu entorno, vide o Capítulo IV da obra de Hidalgo (2015).

O artigo tem o objetivo de apresentar as Nanotecnologias e algumas medidas de proteção dos trabalhadores no manuseio e na produção de Nanomateriais, para leitores não especialistas no tema. Na primeira parte, faz-se uma apresentação das Nanotecnologias e das principais tentativas de regulação; em seguida, apresentam-se os potenciais riscos a que podem estar submetidos os trabalhadores; e, na terceira parte, expõem-se alternativas para mitigação destes riscos elaboradas por pesquisadores da Fundacentro. O capítulo conclui-se com sugestões para que o país tenha desenvolvimento sustentável, seguro para trabalhadores e meio ambiente na produção e uso desta tecnologia, imprescindível para criação de materiais avançados.

Este capítulo dialoga com todos os demais artigos redigidos para formatação deste Manual, já que aterrissa, concretamente, todos os Princípios, padrões de racionalidade e regulações aplicáveis.

As medidas de proteção, aqui aludidas, orientam-se pela Sustentabilidade e pelo Princípio da Precaução, e buscam o uso seguro da Nanotecnologia, sem descurar de seu potencial de geração de valor e renda, e inserção do país nas cadeias globais de valor relacionadas às Tecnologias Emergentes. De todo modo, revelam a importância da aquisição sistemática, reiterada e iterativa de conhecimentos novos, já que a segurança é um processo organizacional, e não um evento isolado.

## Considerações Finais

À guisa de considerações finais desta apresentação, oferece-se uma síntese do que o leitor pode encontrar neste Manual, e de como ele pode auxiliar em sua atuação, diante de matéria nanotecnológica.

Encontra-se, no livro, uma base conceitual introdutória acerca da Nanotecnologia e categorias correlatas, como Nanomateriais e Nanotoxicologia, proporcionando uma base conceitual apta a granjear, ao membro que deseje ou necessite atuar em relação à matéria, uma melhor compreensão sobre a natureza do problema que tem diante de si, e dos danos efetivos ou potenciais associados a ele. Os artigos encartados no Manual também contêm um protomapeamento da cadeia de pesquisa, desenvolvimento e produção de Nanomateriais Engenheirados, e, portanto, delineiam os setores da atividade econômica nos quais tal sorte de problema sói aparecer.

Igualmente, proporciona-se uma base teórica para a construção do sentido da regulação de questões nanotecnológicas, destacando-se sua natureza pluralista e não tradicional; assim como são apontados os caminhos para encontrar as regulações específicas, relacionadas a

determinado nanomaterial, caso efetivamente existam em algum ponto do globo, e acervo conceitual para interpretá-la em consonância com os ditames constitucionais e dos Direitos Humanos. O membro que desejar ou necessitar poderá impulsionar a regulação de alguma técnica, produto ou atividade de seu interesse, bem como o treinamento e capacitação de trabalhadores, a partir dos parâmetros constantes da matriz, ora introduzida.

Finalmente, o membro que deseje ou necessite intervir em uma unidade específica na qual se efetue produção ou manipulação de Nanomateriais contará com uma metodologia de avaliação de riscos ocupacionais pronta para uso, apta a catalisar as informações científicas, técnicas e regulatórias existentes sobre determinado Nanoproduto, e fazê-las incidir sobre o efetivo ambiente de trabalho avaliado, de modo harmônico e integrado com outras regulações a esse respeito, especialmente a Norma Regulamentadora 1 do MTE, e o PGR, nela previsto. A metodologia de Control Banding provê um arcabouço de medidas preventivas e corretivas, modulável conforme a gravidade do risco constatado a partir das informações aludidas. Há, ainda, base teórica para a responsabilização civil preventiva, voltada especificamente às Tecnologias Emergentes, com imposição forçada de adoção dessas medidas aos eventuais investigados recalcitrantes.

O norte da atuação do GT Nano, desde sua constituição, foi a consideração pragmática do *Technological Path* já dado, e, se fosse possível resumir em apenas uma frase o que se buscou, a ideia seria aproximadamente esta: fruir das vantagens da Nanotecnologia, evitando seus impactos danosos sobre a saúde, segurança e dignidade dos trabalhadores, envolvidos com ela.

Independentemente da natureza da atuação sugerida, é importante ressaltar que o GT Nano permanece aberto a sugestões, *feedback*, colaborações diversas, e ao ingresso de novos integrantes, proporcionando o constante incremento do conhecimento na matéria, e, junto com ela, da efetividade da atuação ministerial na proteção da saúde, segurança e dignidade do trabalhador nanotecnológico.

## Referências das fontes citadas

BRASIL. Ministério Público do Trabalho. **Ata da 21ª Reunião Ordinária da CODEMAT**. 2017. Disponível em <<https://intranet.mpt.mp.br/pgt/coordenadorias-nacionais/codemat/ata-de-rreuniao-em-marco-de-2017-final.pdf>>

BRASIL. Ministério Público do Trabalho. **PGEA 20.02.1201.0000059/2020-10**. 2022. Disponível em <<https://mptdigital-cosmos.mpt.mp.br/codin/manutencao.php?consulta=1&processo=311291>>

DWORKIN, Ronald. **Justice for Hedgehogs**. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

ENGELMANN, Wilson; GOMES, Claudino. Nanotecnologia e a vulnerabilidade dos trabalhadores em seu ambiente laborativo: os desafios gerados pela in (existência) de normas protetivas trabalhistas. **Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais** (Porto Alegre), v. 4, n. 2, p. 83 a 105, jul-dez 2018.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Occupational Safety and Health Administration – OSHA. Osha Fact Sheet. **Working Safely with Nanomaterials**. Washington, 2013. Disponível em <[https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA\\_FS-3634.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_FS-3634.pdf)>

GOES, Maurício de Carvalho; ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

HIDALGO, César. **Why Information Grows?** The Evolution of Order, from Atoms to Economies. Nova Iorque: Basic Books, 2015.

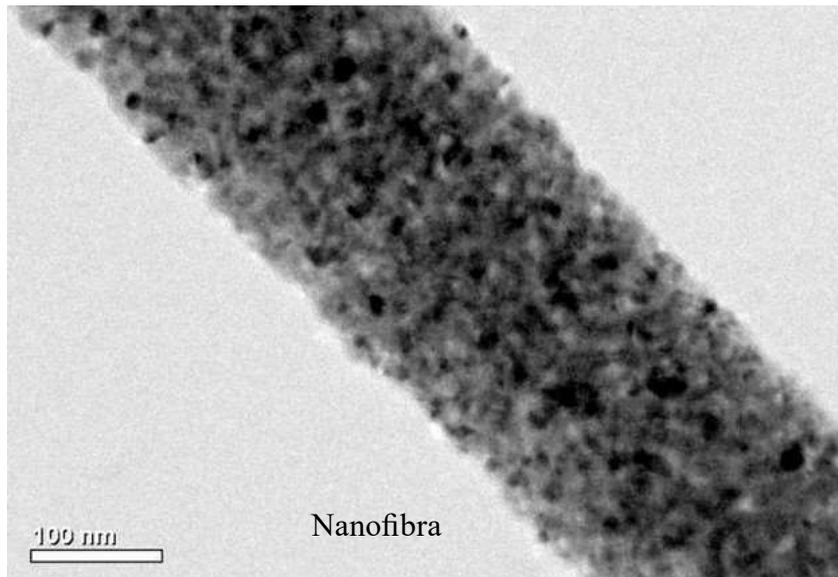
HODSON, L; EASTLAKE, A. Occupational exposure sampling for engineered nanomaterials. Technical report. Publication 2022-153. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH, 2022.

INVERNIZZI, Noela; FOLLADORI, Guillermo. As nanotecnologias como solução à pobreza? **Revista Inclusão Social** (Brasília), v. 1, n. 2, p. 66 a 72, abr/set 2006.

MORIN, Edgar. **O Método 1**. A natureza da natureza. Porto Alegre: Editora Sulina, 2016.

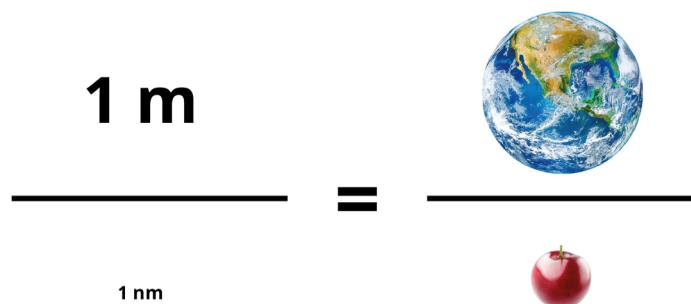
## 2. NANOTECNOLOGIA

A ISO define nanotecnologia como a aplicação do conhecimento científico para manipular e controlar a matéria predominantemente em nanoescala para fazer uso de propriedades e fenômenos dependentes de tamanho e estrutura distintos daqueles associados a átomos ou moléculas individuais, ou extrapolação de tamanhos maiores do mesmo material.



### NANOESCALA

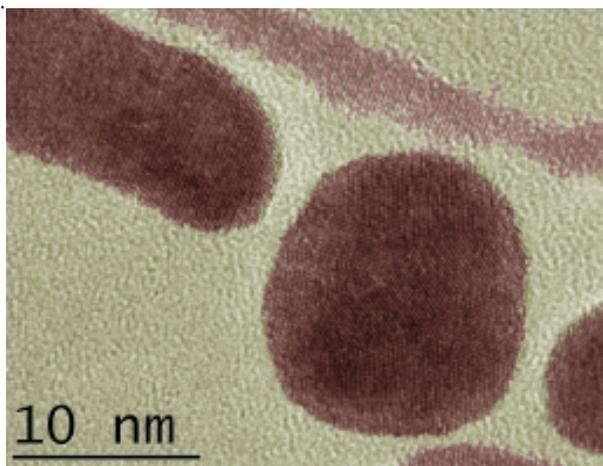
Segundo a ISO, a escala nanométrica compreende a faixa de comprimento aproximadamente de 1 nm a 100 nm.



## ESCALA NANOMÉTRICA

Na nanoescala temos os nano-objeto, uma peça discreta de material com uma, duas ou três dimensões externas em nanoescala.

Nanopartícula: nano-objeto com todas as dimensões externas em nanoescala, onde os comprimentos dos eixos mais longo e mais curto do nano-objeto não diferem significativamente



## DEFINIÇÕES

**Nanoestrutura:** composição de partes constituintes inter-relacionadas em que uma ou mais dessas partes é uma região de nanoescala

**Material nanoestruturado:** material com nanoestrutura interna ou nanoestrutura de superfície

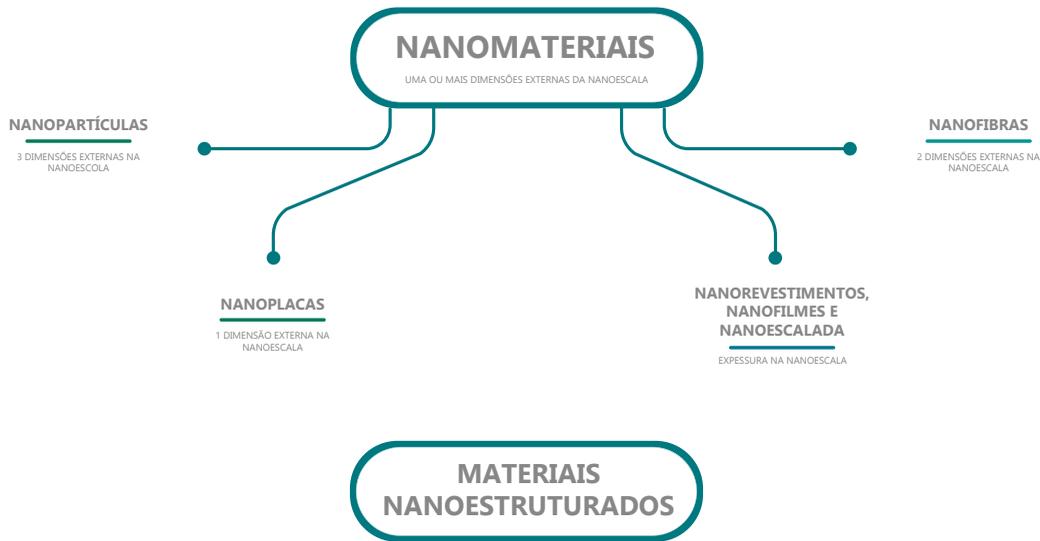
**Nanomaterial engenherado:** nanomaterial projetado para um propósito ou função específica

**Nanomaterial fabricado:** nanomaterial produzido intencionalmente para ter propriedades ou composição selecionadas

**Nanomaterial incidental:** nanomaterial gerado como um subproduto não intencional de um processo

**Nanofabricação:** síntese intencional, geração ou controle de nanomateriais, ou etapas de fabricação em nanoescala, para fins comerciais

# NANOMATERIAIS



## DIMENSÕES BÁSICAS DO NANO



NANOTECNOLOGIA E NANOMATERIAIS



UM NANÔMETRO SIGNIFICA UM BILIONÉSIMO DE METRO



UM FIO DE CABELO TEM ENTRE 50.000 A 100.000 NANÔMETROS DE DIÂMETRO

## NANOSSEGURANÇA

Conjunto de medidas para garantir a segurança ambiental, ocupacional e sanitária de toda a cadeia de valor e o ciclo da vida dos nanomateriais através de ferramentas que prevêm, prescrevem e proscrevem o desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos.

## NANOTOXICOLOGIA

Nova área de conhecimento científico que tem como objetivo estudar a interação de nanomateriais com sistemas biológicos e o ambiente para estudar de maneira integrada os efeitos adversos, a toxicidade e os mecanismos de ação dos nanomateriais.



## SIR WALTER SCOTT

“uma lâmina curvada e estreita, que não brilhava como as espadas dos francos, mas foi, pelo contrário, de uma cor azul rústica, marcada com dez milhões de linhas sinuosas”

## MAGIA OU TECNOLOGIA?

Demonstração de armas entre os o rei normando Ricardo “Coração de Leão” e o sultão Saladino “O Sarraceno” durante o que teria sido o fim da a 3ª cruzada (1192) em seu romance histórico “O Talismã” (1825)

Mas o que eram estas armas? Magia ou tecnologia?

## O QUE É O AÇO?

Liga metálica formada essencialmente por ferro e pequenas quantidades (0,008% a 2,11%) de carbono, que pode torná-lo rígido ou quebradiço, dependendo da técnica.

O segredo do aço de damasco só foi revelado em 2006 por estudo da Universidade de Dresden: continha nanotubos de cementsite, composto de ferro e carbono ( $Fe_3C$ ), encapsulados e protegidos por nanotubos de carbono.

## NANOEMPIRISMO

A escassez do material original vindo da Índia, guerras e conflitos, são fatores que explicam a paralisação na utilização desta nanotecnologia.

Um bom exemplo do valor da ciência clássica e dos antigos, inclusive dos orientais, muitas vezes retratados como bárbaros e primitivos, como forma de preconceito e discriminação.



## FINALIDADE DA NANOTECNOLOGIA

A busca de materiais mais leves, mais fortes, mais resistentes, mais adaptáveis e menos agressivos ao meio ambiente. Estes nanomateriais serão necessários (praticamente pressupostos) para diversas novas tecnologias da 4ª Revolução Industrial.

## ACELERAÇÃO DO TEMPO

Bolsas de Valores apresentam vantagem competitiva quando conseguem reduzir a capacidade de transição em milionésimos de segundos, chegando próximo dos nanossegundos.

## EXEMPLOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA



A TELA DO AUTOMÓVEL COM NANOPARTÍCULA QUE ELIMINA A NECESSIDADE DO LIMPADOR DO PARABRISA



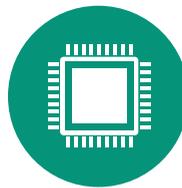
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E SAÚDE EM GERAL



NOVOS PRODUTOS TÊXTEIS: PROTEÇÃO DE ODORES NOS PÉS;



COSMÉTICA, PERFUMES E BELEZA;



O RELÓGIO SUÍÇO ANALÓGICO CUJOS COMPONENTES SÃO NANOPRODUTOS.

## CONSTRUÇÃO DE NOVAS NORMAS DE SAÚDE E SEGURANÇA

Normas defasadas diante das possibilidades de exposição do trabalho. Exemplo: Nanotoxicologia. A realidade internacional do NANOREG (consórcio Europeu, com participação do Brasil – construção da regulação a partir da perspectiva dos diferentes atores, não só empresas, mas também cidadãos e tomadores de decisão – tais como o Ministério Público e o Poder Judiciário); É como se cada nanopartícula exigisse uma norma para garantia da saúde e segurança. Infelizmente no Brasil as normas já existentes sobre saúde e segurança no trabalho estão sendo ‘revisadas’, claramente início de processo para desmontar toda uma rede de proteção.

# NANOTOXICOLOGIA

Avaliação do risco de **nanomateriais para a saúde e ambiente**

RISCO – **Perigo** X Exposição

TOXICIDADE – Capacidade que uma substância, agente toxicante ou material possui de induzir danos ou efeitos tóxicos sobre determinado sistema biológico (desde células a ecossistemas);

EXPOSIÇÃO – Condição física, cenário, dose e tempo de contato do toxicante com o sistema biológico;

## TERMO DE REFERÊNCIA - PRT3 NANOPARTÍCULAS E GESTÃO DE RISCOS

I = Cabe ao empregador:

a – Informar aos trabalhadores:

- a) os riscos ocupacionais relacionados ao trabalho com nanopartículas existentes nos locais de trabalho;
- b) as medidas de controle adotadas pela empresa para reduzir ou eliminar a exposição do trabalhador às nanopartículas;
- c) elaborar ordens de serviço sobre a gestão de riscos das nanopartículas, dando ciência aos trabalhadores;

## TERMO DE REFERÊNCIA NANOPARTÍCULAS E GESTÃO DE RISCOS

b -Vedar no local de manipulação das NP:

- a) a utilização de pias de trabalho para fins diversos dos previstos;
- b) o ato de fumar, o uso de adornos e o manuseio de lentes de contato nos postos de trabalho;
- c) o consumo de alimentos e bebidas nos postos de trabalho;
- d) a guarda de alimentos em locais não destinados para este fim;
- e) o uso de calçados abertos.

## TERMO DE REFERÊNCIA NANOPARTÍCULAS E GESTÃO DE RISCOS

II = Diretrizes Gerais para o Trabalho com NP

a) O trabalho de contenção, incluindo o nível de adequação das instalações e infraestrutura do local de trabalho, deve ser parte integrante do PPRA e ser implantado com base na abordagem do nível da faixa de risco da operação (Control Banding) - instruções estão no Anexo I - determinado a partir de uma matriz em função da probabilidade de exposição e da gravidade (perigo) da natureza da NP (exemplo: carcinogenicidade, mutagenicidade, irritação pele/olhos, etc.). O nível da faixa de risco da operação é classificado e para cada faixa haverá ações específicas de controle dos riscos (trata-se de um enfoque totalmente qualitativo em que o risco não é mensurado, mas sim avaliado de forma probabilística).

b) uso de equipamentos de segurança individual.

## TERMO DE REFERÊNCIA

III = Todos trabalhadores com possibilidade de exposição a NP devem utilizar vestimenta de trabalho adequada e em condições de conforto.

IV = A vestimenta deve ser fornecida sem ônus para o empregado.

V = Os trabalhadores não devem deixar o local de trabalho com os equipamentos de proteção individual e as vestimentas utilizadas em suas atividades laborais.

VI = O empregador deve providenciar locais apropriados para fornecimento de vestimentas limpas e para deposição das usadas.

VII = O trabalhador poderá interromper suas atividades quando constatar que as medidas de segurança da gestão de riscos das nanopartículas não estão sendo adotadas, informando imediatamente ao seu superior hierárquico.

VIII = Os Equipamentos de Proteção Individual - EPI, descartáveis ou não, deverão estar à disposição em número suficiente nos postos de trabalho, de forma que seja garantido o imediato fornecimento ou reposição. O uso de luvas não exclui a lavagem das mãos.

IX = O empregador deve assegurar capacitação aos trabalhadores, antes do início das atividades e de forma continuada (mínimo, de 2 em 2 anos), emitindo a certificação da capacitação do trabalhador. O empregador deve comprovar para a inspeção do trabalho a realização da capacitação através de documentos que informem a data, o horário, a carga horária, o conteúdo ministrado, incluindo habilitação para operação de máquinas ou equipamentos, o nome e a formação ou capacitação profissional do instrutor e dos trabalhadores envolvidos.

## ANEXO I

INSTRUÇÕES PARA A ABORDAGEM DO NÍVEL DE FAIXA DE RISCO DA OPERAÇÃO COM NP CB (Control Banding) NANOTOOL 2.0 \*

J Nanopart Res (2009) 11:1685–1704 - Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures (David M. Zalk & Samuel Y. Paik & Paul Swuste)

Pontuação de gravidade: É a soma de todos os fatores de gravidade. A pontuação máxima é 100. Dos 100 pontos, 70 pontos são baseados nas características do nanomaterial e 30 pontos são baseados nas características do seu material de origem. Assim, mais peso é dado

às características da nanopartícula - NP, a saber: 0-25: Gravidade baixa, 26-50: Gravidade média, 51-75: Gravidade alta, 76-100: Gravidade muito alta.

## REATIVIDADE DA SUPERFÍCIE

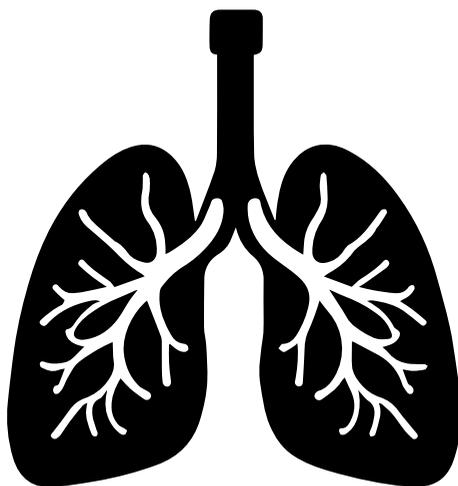
a química da superfície é um fator-chave que influencia a toxicidade das partículas inaladas. A atividade de radicais livres da superfície da partícula é o principal fator que influencia a reatividade geral da superfície do material. Os pontos deste quesito serão atribuídos com base em um julgamento qualitativo sobre se a reatividade da superfície é alta, média ou baixa.

## FORMA DAS PARTÍCULAS

Verificar a possibilidade de exposição a nanofibras (risco de fibrose e câncer) e estruturas tubulares (nanotubos de carbono) de gerarem inflamações e lesões a pulmões.

## DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS

Partículas na faixa de 1 a 10 nm têm uma maior chance de aproximadamente 80% de depositar nos pulmões. Partículas na faixa de 10-40 nm têm uma chance de aproximadamente 50% de depositar no pulmões e partículas na faixa de 41 a 100 nm têm uma chance de aproximadamente 20% de se depositar nos pulmões



## SOLUBILIDADE

Nanopartículas inaladas pouco solúveis podem causar estresse oxidativo, levando a inflamação, fibrose ou câncer. Como as nanopartículas solúveis também podem causar efeitos adversos através da dissolução no sangue, pontos de gravidade também são atribuídos a nanopartículas solúveis, mas em menor grau do que as partículas insolúveis.

## CARCINOGENICIDADE

Potencialidade de gerar câncer no organismo

Sim: 6 pts,

Não: 0 pts,

Desconhecido: 4,5 pts.

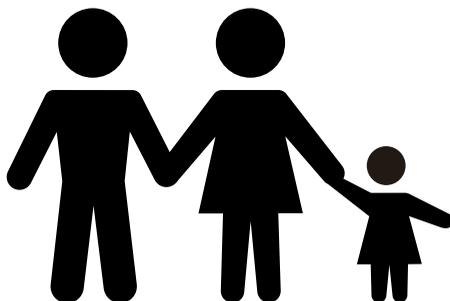
## TOXICIDADE REPRODUTIVA

Os pontos são atribuídos com base se o nanomaterial representa um risco de toxicidade reprodutiva ou não.

Sim: 6 pts,

Não: 0 pontos,

Desconhecido: 4,5 pontos.



## MUTAGENICIDADE

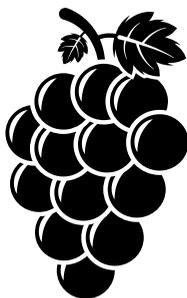
Os pontos são atribuídos com base no fato do nanomaterial ser um mutagênico ou não.

Sim: 6 pts,

Não: 0 pts,

Desconhecido: 4,5 pts.

Aqui não poderíamos deixar de lembrar dos riscos dos agrotóxicos;



## TOXICIDADE DÉRMICA

Os pontos são atribuídos com base em se o nanomaterial é um risco dérmico ou não.

Sim: 6 pts,

Não: 0 pts,

Desconhecido: 4,5 pts.



## ALÉRGENO ASMÁTICO

Os pontos são atribuídos com base em se o nanomaterial é um alérgeno asmático ou não.

Sim: 6 pts,

Não: 0 pts,

Desconhecido: 4,5 pts.

## PONTUAÇÃO DE PROBABILIDADE

Pontuação de probabilidade: É a soma de todos os fatores de exposição. A pontuação máxima é 100. Esses fatores determinam até que ponto os funcionários podem ser potencialmente expostos a NP, principalmente por inalação, mas também por contato dérmico.

Escala:

0-25: Extremamente improvável,

26-50: Menos provável,

51-75: Provável,

76-100: Muito provável.

Destaque-se que não foram citados todos os fatores usados no termo de referências, as menções foram apenas exemplificativas.

## NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS COM EXPOSIÇÃO SEMELHANTE

Os pontos são atribuídos de acordo com o número de funcionários autorizados para a atividade.

> 15: 15 pontos,

11-15: 10 pontos,

6-10: 5 pontos,

1-5: 0 pontos,

Desconhecido: 11,25 pontos.



## DURAÇÃO DA OPERAÇÃO

Os pontos são atribuídos de acordo com a duração da operação.

> 4 horas: 15 pts,

1-4 horas: 10 pts,

30-60 min: 5 pontos,

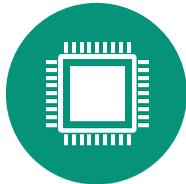
Menos de 30 min: 0 pontos,

Desconhecido: 11,25 pontos.

## RELEVÂNCIA DA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Entender e aprender novas maneiras para manter nossos corpos físicos em harmonia com nossas mentes, nossas emoções e o resto do mundo;

# REGULAMENTAÇÃO DE SST EM SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO



PLANO DE AÇÃO DE TECNOLOGIAS CONVERGENTES E HABILITADORAS (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA)



NOTA TÉCNICA FUNDACENTRO (2018)



PLS 880/2019



NOTA TÉCNICA MPT GT NANO-CODEMAT

## REGULAÇÃO EM SST

WHO (OMS) Guidelines on Protecting Workers from potential risk of manufactured nanomaterials

## ATUAÇÃO MCTI - PORTARIA 3.459 (26/7/2019)

Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, como principal programa estratégico para incentivo da Nanotecnologia no país.

Desenvolvimento de pesquisas, atividades, capacitação de pessoas etc

Art. 3º Os seguintes temas serão priorizados no âmbito da IBN: I - nanomateriais e nanocompósitos; II - nanossensores e nanodispositivos; III - nanomateriais de base biológica; IV - nanofármacos e nanomedicina; V - nanosseguurança; VI - saúde; VII - meio ambiente; VIII - agronegócio e alimentos; IX - energia; X - defesa e segurança nacional; e, XI - mobilidade e infraestrutura urbana.

## **INICIATIVA BRASILEIRA DE NANOTECNOLOGIA – ATUAÇÃO TAMBÉM DO INMETRO.**

Art. 5º Serão considerados como ações e programas estratégicos e estruturantes da IBN:

- I - Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO);
- II - redes do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec) relacionadas à nanotecnologia;
- III - Programa de Certificação de Nanoprodutos;
- IV - redes de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia;
- V - ambientes promotores de inovação, como parques tecnológicos, incubadoras e aceleradoras de empresas, centros de inovação, dentre outros; e,
- VI - cooperações internacionais envolvendo nanotecnologias.

## **DECRETO 10.746/2021 – CIÊNCIA DOS MATERIAIS AVANÇADOS – POLÍTICA PÚBLICA**

Dentre os valores ambientais relevantes para a política pública, destacam-se questões extremamente relevantes, tais como consideração dos seguintes aspectos:

**BIODIVERSIDADE** – Variabilidade de organismos vivos de todas as origens, que compreende, dentre outros: a – os ecossistemas terrestres, marinhos e aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; b – a biodiversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (ARTIGO 3º, II);

**ECONOMIA CIRCULAR** – Modelo de produção e de consumo que envolve a partilha, a reutilização, a reparação e a reciclagem de materiais e produtos existentes, de forma a aumentar o seu ciclo de vida (ARTIGO 3º, III)

**GEODIVERSIDADE** – Natureza abiótica constituída pela variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida;

## PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS



PRECAUÇÃO/PREVENÇÃO  
C155, OIT, ART. 12



SUSTENTABILIDADE



PARTICIPAÇÃO E CONSIDERAÇÃO DOS  
IMPACTOS NA SOCIEDADE, TRABALHADORES  
E CONSUMIDORES



POLUIDOR PAGADOR  
ARTIGO 7º, XXIII, CF  
BUSCA DE AVANÇOS



MELHORIA CONTÍNUA/RISCO MÍNIMO  
REGRESSIVO/MELHOR TÉCNICA  
ADMISSÍVEL



VER NOTA TÉCNICA GT NANO  
PLS 880/2019

Safe by Design (Segurança no Projeto)

Consideração da Defesa das Abordagens (Cima para baixo (nanocelulose); baixo para cima (microfabricação). A nano dentro das escalas está acima do átomo, mas abaixo do visível tradicional da indústria

Uso do machine learning para descoberta de novos materiais, novas propriedades e não para definir a subjetividade de condições de trabalho, de forma a intensificar sistematicamente a precarização e explorar a subjetividade;

## CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ESTUDO DE IMPACTOS – Obrigatoriedade das pesquisas e financiamentos públicos de fomento a atividades nanotecnológicas e novas tecnologias trazerem estudos dos impactos ambientais e sociais destas novas tecnologias.

INOVAÇÃO – Confiança, Promoção da Evidência Científica, da Ética e da Integridade da Investigação Científica.

## PESQUISAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE NANOTECNOLOGIA

O Brasil desde 2001 investe significativamente em pesquisa científica relacionada à nanotecnologia. Isto envolve bolsas e estruturas de pesquisas – destaque o CTNANO em Belo Horizonte (MG) dentro da UFMG, que traz inclusive laboratório de pesquisa ambiental de exposição a nanopartículas em especial no potencial de exposição respiratória (onde provavelmente existe o maior risco).

CNPEM – V CURSO DE INTRONANOTOX – A saúde e o meio ambiente, integrados no processo de produção. Não como uma “externalidade”;

V CURSO DE INTRONANOTOX:

Fala do representante do MCTI:

Entendemos que o maior protagonismo na regulamentação da nanotecnologia deverá ser da ANVISA, do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

E ...

DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO!

Será que eu ouvi direito?

FAPESP – As pesquisas de empreendedorismo e startups em nanotecnologia (e em várias outras áreas) necessariamente envolvem código de ética e boas condutas pela empresa, com obrigatoriedade de avaliação de geração de EMPREGOS (não simplesmente trabalho) e receita de ICMS. Lembrando que pela Constituição do Estado de SP, obrigatoriamente parcela da receita dos impostos estaduais reverte para universidades e institutos de pesquisa do Estado.

Exemplo do FEDERALISMO COOPERATIVO AMBIENTAL TRABALHISTA.

## UMA VISÃO SISTÊMICA DA VIDA E DO TRABALHO



MEIO AMBIENTE É SAÚDE E QUALIDADE DE VIDA. NÃO É SÓ AUSÊNCIA DE DOENÇA.



MEIO AMBIENTE É SEGURANÇA E SAÚDE. MAS ISTO ENVOLVE ASPECTOS MENTAIS, MORAIS, CULTURAIS E ESPIRITUAIS, NÃO APENAS ASPECTOS MATERIAIS.



A FORMA DE GESTÃO DO TRABALHO É, ANTES DE TUDO, UMA DISCUSSÃO AMBIENTAL, E NÃO NECESSARIAMENTE SOBRE AUTONOMIA OU SUBORDINAÇÃO.

## VIDA E TRABALHO

As normas ambientais, desta forma, devem ser aplicadas, pela situação do trabalho, da atividade, e não da existência de autonomia ou subordinação. A fraude não é o elemento central, mas uma condição que pode ser agravante, principalmente se há ofensa sistemática.

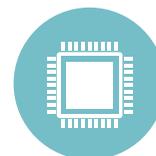
## COOPERAÇÃO VOLUNTÁRIA DE EMPRESAS



ATUAÇÃO ESPONTÂNEA DE EMPRESAS EM COOPERAÇÃO COM O MPT PARA A CONSTRUÇÃO DE AÇÕES.



O ENFOQUE NO DIÁLOGO E NA COOPERAÇÃO DEVE SER VALORIZADO, NÃO HÁ MOTIVO PARA SE PARTIR DA IDEIA DA EMPRESA COMO ALGO NOCIVO. OBVIAMENTE, HAVERÁ NECESSIDADE EVENTUAL DE AÇÕES REPRESSIVAS, MAS NÃO SE PARTE DO PRESSUPOSTO DA FRAUDE.



EXEMPLOS: INDÚSTRIA FARMACÉUTICA NO ESTADO DE SÃO PAULO E INDÚSTRIA ELETRÔNICA NO ESTADO DO AMAZONAS.

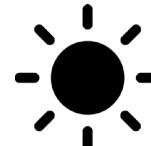
## CONVITE AO DIÁLOGO E À COOPERAÇÃO



Se você tem sugestões, críticas ou análises, encontra-se aberto o canal para você, seja através do PROMOCIONAL 3751/2017 (MPT DIGITAL), seja através do e-mail [patrick.merisio@mpt.mp.br](mailto:patrick.merisio@mpt.mp.br)



CTNANO, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, INMETRO, NANOREG, FUNDACENTRO, RENANOSOMA, ANPT!



Um galo sozinho não tece a manhã!

# SEMINÁRIO INTERNACIONAL VIRTUAL PROJETOS E IMPACTOS TECNOLÓGICOS NO DIREITO DO TRABALHO



Foi realizado virtualmente 9.11 e 10.11.2020 pela Escola da ANPT. Parceria GT NANO (CODEMAT) e GT NOVAS FORMAS DE TRABALHO (CONAFRET).



Juristas, inventores, sociólogos, engenheiros, químicos, físicos, biólogos, médicos e vários profissionais de áreas transdisciplinares estiveram no evento!



Site: [www.escoladaanpt.org.br](http://www.escoladaanpt.org.br). Também disponível no youtube da ANPT



Totalmente gratuito para assistir palestras renomadas.

## ALGUMAS REFLEXÕES

- “A nossa luta não é contra forças humanas, mas contra os principados, contra as autoridades, contra os dominadores deste mundo tenebroso, contra os espíritos maus dos ares”
- (Efésios 6:12)
- O Ecosistema do Parque Mário Covas na Avenida Paulista: o que é resíduo é alimento. O fechamento dos escritórios e dos restaurantes self service – a placa que virou teto.

## ALGUMAS REFLEXÕES

---

- “A máquina automática é impecável, mas porque é impecável, é também impermeável à graça”
- Aldous Huxley, A Filosofia Perene.
- “A indústria sem arte é brutalidade”
- (Ruskin).
- “A contemplação da História e do presente não serve apenas para satisfazer nosso desejo de conhecimento, para nos esclarecer a respeito da grandeza e da pequenez dos homens ou a respeito do esplendor de suas obras. O essencial é que essa contemplação nos desperte o sentido da responsabilidade”. (KARL JASPERS)

## ALGUMAS REFLEXÕES

---

- “Já que ensinei que uma coisa não pode ser criada do nada, ou para lá as nascidas voltarem, para que não desconfies, talvez, das coisas que digo, por não poderem aos olhos, discernir-se os primórdios, é necessário, portanto, que confesses que aceitas existirem nas coisas corpos que são invisíveis”
- Lucrécio, Sobre a natureza das coisas.

## ALGUMAS REFLEXÕES

---

- “Os corpos dos homens e animais são motores de reciprocidade, em que à tensão sempre sucede o relaxamento. Mesmo o coração, que nunca dorme, repousa a cada batida”
- Aldous Huxley, A Filosofia Perene.
- “Longe de deixar os microrganismos para trás na “escada” evolutiva, somos tanto circundados por eles como compostos por eles. Precisamos pensar em nós mesmos e em nosso ambiente como um mosaico evolutivo de vida microcósmico” (Lynn Margulis e Carl Sagan)

# 3. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS NORMATIVOS DA NANOTECNOLOGIA: Aplicação no Direito do Trabalho

Patrick Maia Merísio<sup>1</sup>

## RESUMO

O presente trabalho pretende realizar exposição sobre a necessidade de regulamentação das nanotecnologias e seus impactos de acordo com metodologias baseadas na precaução. Para isso, apresenta sinteticamente os conceitos de nanotecnologia, formas de regulação, bem como os princípios fundamentais da precaução e da participação do público. Consiste também em prestação de contas das atividades desempenhadas pelo Grupo de Trabalho Nanotecnologia: Impactos na saúde e segurança do trabalho (Ministério Público do Trabalho)<sup>2</sup>.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia; Regulação e Regulamentação; Modelo Plurirregulatório; Autorregulação; Regulação e Regulamentação; Princípios Fundamentais Normativos: Equidade e Bem-estar, Participação do Público; Segurança; Precaução; Solidariedade e da Boa fé; Educação e Desenvolvimento Científico; Grupo de Trabalho Nanotecnologia: Impactos na saúde e segurança do trabalho (Ministério Público do Trabalho).

“Não há nada no domínio de nossa existência, de nosso mundo, que não esteja, de uma parte a outra, atravessado e mesmo saturado por normas, trata-se de nosso corpo e de nossa saúde, da economia e de nossas profissões, do meio ambiente natural e tecnológico, de nossa relação com os objetos, e até mesmo da política, da escola, da justiça e dos direitos humanos” (Benoit Frydman)

1 Procurador do Trabalho PRT 2ª Região (São Paulo). Coordenador Titular do Grupo de Trabalho GT NANO.

2 Os membros do GT NANO são Patrick Maia Merísio (Coordenador Titular) Procurador do Trabalho PRT 2ª Região (São Paulo), Guilherme Kirtschig (Coordenador Substituto), Procurador do Trabalho - PRT 12ª Região-Procuradoria do Trabalho no Município de Joinville (Santa Catarina); Adriane Reis de Araújo – Procuradora Regional do Trabalho -Coordenadora Nacional da COORDIGUALDADE/MPT PGT; Elaine Noronha Nassif – Procuradora do Trabalho – PRT 3 Região (Minas Gerais); Jorsinei Dourado do Nascimento – Procurador do Trabalho – PRT 11 Região (Amazonas); Thais Fidelis Alves Bruch – PRT 4ª Região (Rio Grande do Sul); Thiago Milanez Andraus – Procurador do Trabalho – PRT 9ª Região (Paraná). O GT exerce suas atividades no âmbito da CODEMAT (Coordenadoria Nacional de Meio Ambiente do Trabalho-PGT/MPT) desde 2017, através de estudos, audiências, eventos educacionais (organização de seminários em 2019 e 2020) e várias outras atividades.

## INTRODUÇÃO

A atividade econômica no século XXI tem se caracterizado por constantes inovações e mudanças em escala não apenas linear, mas exponencial. Os principais aspectos nesta economia amplamente baseada na tecnologia de ponta são: a economia digital, a inteligência artificial, a internet das coisas, a impressão 3D, armazenamento de energia, computação quântica e novas formas de armazenamento de energia, conforme nos expõe Klaus Schwab(1), fundador e presidente executivo do Fórum Econômico Mundial.<sup>3</sup>

A nanotecnologia está na base de todas as principais mudanças tecnológicas, com reflexos importante na sociedade, cultura e várias outras esferas. Por nanotecnologia, entendemos o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, com a organização da matéria a partir de estruturas de dimensões nanométricas. Nanomateriais possuem uma dimensão inferior a 100 nanômetros, sendo que um nanômetro constitui um bilionésimo de um metro. Sua aplicação é demasiada extensa em atividades como estética, beleza, farmacêutica, siderurgia, cimento, microeletrônica. Chips e sensores, cada vez mais, derivam de nanotecnologia. Ao mesmo tempo em que a nanotecnologia, abre todo um leque de possibilidades de materiais mais leves, fortes e duráveis, o que pode ser vital para o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente, aumentam potencialmente riscos invisíveis (imperceptibilidade, inclusive em termos da ausência de mecanismos seguros para avaliar os riscos), imprevisíveis, globais e intertemporais (com possibilidade de comprometer gerações futuras de forma irreversível).

As nanotecnologias não devem ser compreendidas apenas como formas de miniaturização, mas também (e neste aspecto muito mais promissoras e inovadoras) de edição e fabricação aditiva (ou seja, trabalhando em níveis mais elementares da matéria conseguem se produzir novos materiais e neste processo até mesmo as estruturas químicas elementares podem ser alteradas).

Destaque-se que as definições de nanociência, nanotecnologia, nanomateriais, nanotubos e outros termos científicos ainda se encontram em processo de aprimoramento científico, mas já podemos encontrar definições consolidadas que permitam o avanço do estudo.

Neste sentido, reproduzimos a definição da Sociedade Real e Academia Real de Engenharia do Reino Unido:

3 São duas obras fundamentais: A Quarta Revolução Industrial. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016 e Aplicando a Quarta Revolução Industrial. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018. Nelas o autor revela diversas consequências e riscos trazidos por estas forças tecnológicas disruptivas, e destacamos a queda de produtividade do trabalho, bem como a diminuição do percentual da mão de obra assalariada na atividade econômica global. Destaca-se ainda a falta de preparo dos Estados e tomadores de decisão em agir de forma sistêmica e não mais linear diante de todos estes impactos.

“Definimos nanociência como o estudo de fenômenos e manipulação de materiais em escalas atômicas, moleculares e macromoleculares, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em escala maior; e nanotecnologia como o design, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas, controlando a forma e o tamanho em escala nanométrica” (*apud* Rodrigues, 2019, p. 44).

Não se deve entender a nanotecnologia simplesmente a partir da escala nanométrica (se assim o fosse, por exemplo, o vírus seria nanotecnologia), mas sim entender a nanoescala a partir da funcionalidade, conforme bem sintetiza a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008, p. 5): “at the nanoscale, traditional materials can display new optical, mechanical and reative properties, enabling new functionalities and the development of novel materials, devices and products”.

A ecologia e a proteção ambiental, dentro de uma certa linha de raciocínio, podem se relacionar diretamente com o avanço das nanotecnologias, uma vez que estas têm o potencial de gerar maior aproveitamento e eficiência de recursos naturais (os quais são finitos, ao contrário do que presumem os modelos econômicos e sociais predominantes na história da humanidade, e com maior predominância após a consagração do modelo industrial capitalista).

O raciocínio futurista de certos tecnólogos, com forte participação e influência em corporações tecnológicas transnacionais, chega a entender que a nanotecnologia é um dos principais elementos para trazer a imortalidade, a transcendência biológica (Kurweil, 2018, p. 47).

A questão do potencial das nanotecnologias, entretanto, não é tão pacífica. Podem também se apresentar diversos riscos: por exemplo, não é seguro que as nanotecnologias necessariamente impliquem, por si só, em um modelo sustentável do meio ambiente, podendo até agravá-lo. A falta de informação e de participação social na construção e no desenvolvimento tecnológico (já no seu início, no design e em todo o ciclo dos novos produtos e materiais) também trazem vários riscos de agravamentos exponenciais de desigualdades sociais e econômicas, apenas trabalhando de forma exemplificativa.

A capacidade de manipulação do humano e do biológico também por si só já apresenta sério risco de um nanopoder que investindo no infinitamente pequeno, decompõe e recompõe a matéria como um jogo de Lego, e este mesmo nanopoder pode ser uma forma de dominação extremamente invasiva, se ainda acrescentarmos novas formas de toxicidade, riscos sanitários e ambientais (por exemplo, os resíduos destes nanomateriais e seus derivados) (Lipovetsky, 2016, p. 125).

Todos estes aspectos mostram complexidade nanotecnológica que é bem significativa e não pode ser ignorada. Comungamos neste artigo da advertência de Guattari segundo a qual toda e qualquer resposta à crise ecológica do nosso planeta exige a consideração de diferentes

dimensões, inclusive políticas, sociais e culturais. E mais: não se trata apenas de mensurar e modificar relações de força visíveis em grande escala, mas também aos *domínios moleculares* de sensibilidade, inteligência e desejo (Guattari, 2012, p. 9).

A necessidade de regulamentação e regulação torna-se urgente, sendo que diante da complexidade e da abrangência da tecnologia, abdica-se de abordagens fatalistas<sup>4</sup> e defende-se um modelo pragmático, prudencial, baseado em princípios fundamentais, principalmente a equidade, a sustentabilidade, a participação do público, a educação, a segurança e a precaução.

## DEFESA DO MODELO PLURIRREGULATÓRIO

O estudo da nanotecnologia revela grande complexidade e exigência interdisciplinar, pois além de estudar matérias totalmente novas no campo científico (o que exige apreensão de novos conceitos técnicos, metodologias etc.), a própria noção de norma jurídica no campo epistemológico sofre toda uma reavaliação. Por mais que o jurista e o ator do Direito do Trabalho estejam acostumados com o pluralismo e o diálogo das fontes, ainda permanece uma concepção formal da norma, muito mais pautada em comportamentos, ou seja, o que se deve e o que não se deve fazer, mediante uma sanção.

Não se torna mais possível sustentar a distinção entre normas jurídicas e normas técnicas (se é que algum dia isto existiu, na forma rígida preconizada) como normas de pessoas e normas de coisas. As normas técnicas, cada vez mais, se revelam normas de gestão e administração de relações e de pessoas, pois cada vez mais incidem sobre serviços e atividades humanas (Frydman, 2018, p. 24).

Defende-se aqui, desta forma, um modelo que permite a aplicação de formas de autorregulação e de heterorregulação, desde que cooperativas e com os seus limites bem definidos, o que será abordado nos próximos tópicos.

Nada impede que este modelo plurirregulatório também seja compreendido como forma de *smart regulation* o qual conforme doutrina autorizada:

“(...) cada uma das esferas (pública), empresarial (privada com fins lucrativos) e a sociedade civil (privada sem fins lucrativos) têm uma área ou âmbito específico de regulação, com instrumentos próprios mais ou menos intensos”.

4 Ou seja, não são proporcionais ou razoáveis abordagens que defendem a ‘neutralidade da tecnologia’, a sua inevitabilidade, tampouco aquelas concepções que sem fundamentos afastam, de forma análoga a teorias da conspiração, possibilidades técnicas e científicas que, com as devidas adequações e regras de segurança, podem melhorar a vida e o bem estar da sociedade.

“(…) o papel da regulação e do Estado regulador seria encontrar o ponto ótimo de combinação e interface entre estes agentes e instrumentos de regulação” (Lima Jr, 2018, p. 48).

O desafio consiste exatamente na forma de se encontrar este ponto ótimo de intersecção e de coordenação entre as atividades do Estado, empresas e sociedade civil, o que, aliás, vai até mesmo além do marco legal nanoregulatório.

## DA AUTORREGULAÇÃO

O estudo da autorregulação e de suas formas merece um estudo particular, mas neste momento, interessam-nos as suas características gerais e condições de aplicabilidade nas atividades nanotecnológicas.

A autorregulação, longe de poder ser considerada uma forma de anarquia ou de arbítrio unilateral para o próprio agente firmar as suas regras conforme os seus próprios critérios ou até mesmo sem critérios, deve ser compreendida como forma de regulação. A autorregulação se constitui como forma ativa e direcionada de regulação, ou seja, não se constitui como forma de *laissez faire* ou de atuação da mão invisível do mercado (Lima Jr, 2018, pp. 51-52).

Estudo jurídico de alta qualidade sobre a interface entre direitos e nanotecnologias aponta a relevância da ação de padronização e certificação nas atividades que se seguem:

“Os esforços de padronização irão apoiar o desenvolvimento tecnológico, aceitação social e expansão do mercado por meio de: identificação de lacunas no conhecimento científico; identificação de necessidades de medição/caracterização e desenvolvimento de instrumentação para nanoescala; desenvolvimento de métodos de ensaio para detecção e identificação de nanopartículas e caracterização de nanomateriais e dispositivos em nanoescala; desenvolvimento de protocolos para testes de bio – e eco – toxicidade; desenvolvimento de protocolos para a avaliação do ciclo de vida de materiais, produtos e dispositivos, produtos e dispositivos em nanoescala; desenvolvimento de ferramentas para avaliação de risco ligados a nanotecnologias; desenvolvimento de protocolos para a coleta, a contenção e a destruição de nanopartículas e nano-objetos; desenvolvimento de protocolos de saúde ocupacional ligados à nanotecnologia, especialmente em indústrias que lidam com nanopartículas e dispositivos em nanoescala; consideração de apoio à regulamentação de nanotecnologia; consideração como suporte para a comunicação de informações precisas e quantificáveis em nanotecnologias” (Hohendorff; Engelmann, 2014, p. 137).

A autorregulação ocorre através de atuação de pessoas jurídicas privadas que podem criar regras, fiscalizar e até mesmo aplicar penalidades, e necessariamente, dentro do modelo proposto neste artigo, deve ser controlada pelo Estado, funcionando de forma coordenada

(ou supletiva) com a atuação estatal, ou seja, eventuais regras criadas são aprovadas pelo Estado antes ou depois de sua entrada em vigor. A autorregulação também pode servir como forma de reforço de certificação da qualidade técnica e de segurança dos nanomateriais.

A autorregulação deve ser compreendida no sistema jurídico no sentido de que nem toda forma de regulação pode ser tratada apenas a partir de critérios de comando e controle, mas também através de fomento de incentivos, imposição de taxas sobre externalidades negativas e imputação de responsabilidade (Lima Jr, 2018, p. 44). É um elemento importante, mas não pode ser exclusivo, conforme destacaremos no próximo tópico.

## DA REGULAMENTAÇÃO E DA REGULAÇÃO PELO ESTADO COM FUNDAMENTAÇÃO EM PRINCÍPIOS

Não se devem abandonar e se revelam extremamente importantes as formas de tutela e proteção baseadas nas formas tradicionais da fonte de Direito, pois de outra forma se concederia um poder ilimitado a empresas e corporações tecnológicas, com sérias consequências para a nossa vida, saúde, economia, e várias outras esferas relevantes de ação social.

Ainda inexistente marco legal nanotecnológico, e no presente momento encontra-se ainda na fase inicial do processo legislativo o PLS 880/2019, como projeto de regulamentação das nanotecnologias, sobre o qual o MPT/GT NANO expediu nota técnica, louvando a iniciativa legislativa por se preocupar em definir nanotoxicologia, nanosseguurança, dentre outras medidas, mas trazendo também críticas e sugestões relacionadas à falta de preocupação no projeto com a saúde e segurança do trabalho, bem como necessidade de garantia de educação e qualificação profissional dos trabalhadores, e incidência de princípios fundamentais, como a sustentabilidade, participação do público e consideração dos impactos, bem como a precaução), mas também tem que se ponderar e valorizar as fontes científicas e por fim, a própria autorregulamentação também não pode ser desprezada, principalmente como forma complementar e suplementar de regulamentação, tornando-se necessária diante das aplicações específicas e concretas de cada nanotecnologia em individual.

Destaque-se que o Senado Federal incorporou no substitutivo do PLS as sugestões do MPT (Comissão de Constituição e Justiça do Senado Federal, p.9) incorporando ao projeto dois novos artigos que reproduzimos abaixo e que trazem avanço substantivo na construção de modelo sustentável da nanotecnologia. Abaixo é reproduzido a parte do texto que traz esta contribuição:

Artigo 2º As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão os princípios que visam a assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, em especial, os seguintes princípios:

- I – da precaução;
- II – da sustentabilidade ambiental;
- III – da consideração dos impactos;
- IV – da solidariedade;
- V – da responsabilidade do produtor;
- VI – da boa-fé, cooperação, lealdade e transparência entre todos os agentes envolvidos;
- VII – da participação e da informação ao público e à sociedade.

Artigo 3º As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão as diretrizes que visam a assegurar a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de higiene, saúde e segurança, em especial:

- I – a proteção da saúde do público, trabalhadores e consumidores;
- II – a implementação de medidas específicas de saúde do trabalho;
- III – a avaliação e o controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores;
- IV – a formação, educação e capacitação profissional dos trabalhadores, de forma permanente;
- V – a informação adequada e contextualizada;
- VI – o incentivo à inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho; (Comissão de Constituição e Justiça do Senado Federal, p. 11)

Apresenta-se forte necessidade de atualizações e avanços significativos no processo legislativo iniciado no Senado, o qual, com as devidas adequações e garantia de participação aos segmentos sociais e científicos pertinentes, pode servir como fator de desenvolvimento social, econômico, científico e tecnológico, do qual tanto depende o país.

## PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

O modelo regulatório e regulamentador do Estado deve se concentrar prioritariamente em princípios fundamentais que permitam o desenvolvimento científico e tecnológico (pressuposto fundamental para qualquer desenvolvimento econômico), com a devida garantia de

proteção da saúde e da segurança de toda a sociedade (trabalhadores, consumidores etc). A proposta do presente estudo consiste em fazer apresentação sumária e sintética dos valores fundamentais a orientarem o sistema normativo nanotecnológico.

A fundamentação em princípios não exclui e até exige a aplicação de regras específicas que lhe sejam derivadas. Os princípios trazem esfera ética-valorativa que tornam a sua compreensão mais facilitada para o público em geral (e não apenas especialistas cientistas e técnicas). Os princípios, ademais, ao mesmo tempo em que definem prioridades, também são flexíveis e dinâmicos (ou seja, se tornam extremamente necessários no campo tecnológico, impedindo a disrupção como valor absoluto e ao mesmo tempo se adaptando a uma realidade que se modifica de forma contínua, exponencial e sistêmica).

### **EQUIDADE (FAIRNESS)**

O princípio da equidade pode ser compreendido em várias dimensões, dentre as quais destacamos: A – distribuição equânime de benefícios e riscos; B – proibição de discriminação, preconceito e tratamento injusto; C – proporcionalidade.

Dada a natureza difusa da nanotecnologia, com dispersão fluida e indivisível de benefícios e riscos, sem que sequer se possam identificar todos os seus potenciais destinatários, deve-se buscar uma equidade, ao menos em termos de probabilidade e aproximação, de riscos e benefícios. Este equilíbrio depende de ponderação e otimização de vários fatores, em especial: A – livre iniciativa e trabalho, como valores sociais constitucionais e princípios fundamentais do Estado Democrático de Direito (artigo 1º, IV, CF), sendo que trabalho e livre iniciativa são ainda fundamentos da ordem econômica (artigo 170, caput, CF); B – o tratamento prioritário a ser garantido pelo Estado à pesquisa científica, básica e tecnológica, tendo em vista o bem público e o progresso da tecnologia, ciência e inovação (artigo 218, § 1º, CF); C – a proteção do meio ambiente, ecologicamente equilibrado, como bem de uso comum e essencial à qualidade de vida (artigo 225, caput, CF), com a preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais, bem como manejo de espécies e ecossistemas (artigo 225, § 1º, I, CF).

A nanotecnologia não pode ser utilizada ou gerar preconceitos injustos e estigmatização, bem como restringir, obstaculizar a liberdade de escolha dos cidadãos, grupos e comunidades. A educação científica e tecnológica deve ser, obrigatoriamente, fomentada, de forma a impedir falta de acesso à tecnologia, inviabilizando o trabalho, atividades econômicas e várias esferas da vida social, política etc. (artigo 218, §§ 1º-3º, 5º e 7º, CF). A proteção a tratamentos injustos envolve em especial dados sensíveis tais como raça, etnia, cor, idade, gênero, sexo, estado civil, nacionalidade, orientação sexual, origem, renda ou posição social e econômica, habilidades técnicas ou manuais, forma de vínculo e duração do contrato de trabalho, crenças filosóficas, políticas, religiosas, ideológicas e análogas, dados genéticos e biométricos, dados referentes

à saúde (artigo 5º, caput, incisos I, IV, VI, VIII, IX, XLI, XLII, CF, artigo 7º, XXX – XXXII, XXXIV, CF; Lei Geral de Proteção de Dados, artigo 5º, II).

A nanotecnologia deve ser capaz de ponderar e otimizar interesses conflitantes e divergentes, e não permitir supremacia ou hegemonia desproporcionais de empresas, grupos e corporações. Deve servir inclusive para fortalecimento de direitos e garantias de indivíduos e grupos em face do Estado.

Bem-estar, por fim, deve ser compreendido de forma holística, não simplesmente algorítmica, mas sim andorrítmica, ou seja, devidamente fundamentada em personificações, contextos, tempestividade, ligações, emoções, cultura, espiritualidade, e várias outras esferas que não são passíveis de uma mensuração estritamente quantitativa. O bem-estar se encontra na confiança, na compaixão, na emoção e na intuição. Existem partes essenciais da nossa vida, como o bem-estar e a felicidade, que não podem ser programadas, codificadas, devendo a tecnologia nestas esferas se resumir a uma simples ferramenta, não podendo assumir centralidade. Ou então o homem será apenas ferramenta de uma ferramenta (Leonhard, 2017, pp. 185, 196, 197).

## **PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO**

Um dos principais aspectos que tem norteado a atuação do MPT-GT NANO tem sido a garantia de participação do público nas discussões relativas às estratégias de atuação do Ministério Público do Trabalho. Esta participação tem sido dada através da colaboração de instituições públicas<sup>5</sup>, associações privadas interdisciplinares<sup>6</sup>, sindicatos<sup>7</sup>, universidades e centros de

5 Destaque para a FUNDACENTRO (anteriormente vinculada ao Ministério do Trabalho, atualmente vinculada ao Ministério da Economia), ou seja, FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT E FIGUEIREDO, fundação especializada em pesquisas voltadas para a proteção da saúde e segurança do trabalho. Através da FUNDACENTRO, o MPT obteve o compartilhamento de conhecimento técnico-científico necessário para atuação. Destacamos também o INMETRO (que nos permitiu a visita aos seus laboratórios de certificação de nanoprodutos, além do desenvolvimento de pesquisa de nanoprodutos) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação Científica (com o qual encontra-se em fase final de conclusão acordo de cooperação técnica para fins de se estabelecer parceria com a finalidade de garantir modelo sustentável de inovação e desenvolvimento científico e tecnológico, com a proteção da saúde e segurança do trabalho).

6 Destaque para a RENANOSOMA (Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) cujos pesquisadores nacionais e internacionais, das mais diferentes áreas de conhecimento (notadamente em Sociologia) têm sido incansáveis na exigência de que pesquisas e financiamentos públicos têm que obrigatoriamente exigir maior consideração dos impactos ambientais e econômico sobre usuários, consumidores, trabalhadores, toda a sociedade, enfim.

7 Principalmente da indústria química e metalúrgica em todo o Estado de São Paulo

pesquisa<sup>8</sup> empresas<sup>9</sup>, enfim, são inúmeros atores sociais e econômicos em colaboração com o MPT, sendo que a omissão de algum colaborador deverá ser imputada exclusivamente a alguma deficiência da memória do autor deste artigo.

Ficou evidente desde o início para o MPT que querer ser o ator principal nesta área não seria apenas ineficiente, seria uma fraude, uma mentira deslavada. A sociedade não quer apenas a atuação do Ministério Público, em defesa da ordem jurídica e dos interesses sociais e individuais indisponíveis, ela quer e exige uma instituição comprometida com o regime democrático, tal como exige o artigo 127 da Constituição da República e faz parte de sua missão institucional.

As razões que justificam esta participação democrática são inúmeras e iremos destacar apenas algumas, por total falta de condições de apresentação de todos os fundamentos em um simples artigo.

O Brasil se constitui como Estado Democrático de Direito, na forma do artigo 1º da Constituição da República Federativa do Brasil, sendo que este mesmo Estado Democrático de

---

8 No campo universitário público destacamos o Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno (CTNANO UFMG), com diversos campos de inovação, desenvolvimento tecnológico e de proteção de saúde e segurança nos laboratórios. No campo universitário privado, destacamos a UNISINOS, que conta com projeto de pesquisa específico no Mestrado e Doutorado, vinculado a linha de pesquisa específica de observatório dos impactos jurídicos dos impactos das nanotecnologias, tendo sido vital a colaboração para fins de elaboração de nota técnica do GT NANO encaminhada ao Senado Federal por força do PLS 881-2019.

9 Citamos aqui a colaboração espontânea e voluntária de empresas de indústria farmacêutica do Estado de São Paulo (que nos concedeu cópia de seu PPRA e PCMSO com a devida adaptação em medidas de proteção e controle de riscos de trabalhadores envolvidos em atividades vinculadas a nanotecnologia), indústria eletrônica no Estado do Amazonas (que nos mostrou in locu o processo produtivo de fabricação de celulares, TVs e ar condicionado, dentro de novos critérios de smart factory, e com incorporação de novas tecnologias de realidade virtual no treinamento de seus empregados em saúde e segurança do trabalho) e finalmente de empresa nanotecnológica no Estado de São Paulo que nos mostrou o processo de produção no qual os pesquisadores científicos extremamente qualificados e com formação científica de mestrado e doutorado atuam diretamente na atividade de produção de nanopartículas.

direito tem como fundamentos: I – a soberania;<sup>10</sup> II – a cidadania;<sup>11</sup> III – a dignidade da pessoa humana;<sup>12</sup> IV – os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa;<sup>13</sup> V – o pluralismo político<sup>14</sup>.

Os cidadãos, os trabalhadores, os consumidores, os usuários das novas tecnologias têm que ter voz ativa, não podem ser apenas destinatários a serem educados pelo Estado e corporações quanto aos efeitos das inovações tecnológicas.

Esta participação exige necessariamente informação. As tecnologias têm que se apresentar de forma acessível, não apenas em termos de eficiência para o exercício de uma dada atividade ou função, mas também em termos de riscos.

Ainda se inicia no Brasil o processo de regulamentação da nanotecnologia, mas já existem inúmeros nanoprodutos no mercado. O MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO deve agir de forma antecipadora, fomentadora e cooperativa com outros órgãos públicos e mesmo privados, de forma a garantir a prevalência da prevenção e da precaução, garantindo desenvolvimento econômico e social (as receitas com esta tecnologia podem ser, sem exagero, de dezenas ou até mesmo centenas de bilhões de dólares) e protegendo de forma indivisível a saúde e a segurança dos trabalhadores e consumidores dos nanomateriais.

## PRINCÍPIO DA SEGURANÇA

A implementação da nanotecnologia deve ser tecnicamente robusta, adotar um design seguro já em seu projeto, com a devida ponderação de riscos e benefícios, considerando ainda todo o ciclo de vida do produto, com base na melhor informação técnica disponível, e com necessidade de sempre se adotar a melhor opção sustentável de destinação final dos produtos e resíduos.

- 10 Soberania que hoje está nitidamente vinculada ao desenvolvimento científico. Muitas corporações tecnológicas apresentam poder econômico superior a muitos Estados nacionais, ou seja, a balança de poder não pode desconsiderar o impacto da tecnologia.
- 11 A inovação tecnológica tem que corresponder a uma necessidade social e contribuir para as finalidades fundamentais da República, na forma do artigo 3º da CRFB, em especial: construção de uma sociedade livre, justa e solidária; garantia do desenvolvimento nacional, erradicação da pobreza, da marginalização, com a redução das desigualdades sociais e regionais; promoção do bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor e quaisquer outras formas de discriminação.
- 12 O que exigirá forte reflexão e crítica sobre a utilização da nanotecnologia em atividades que tenham potencial de impactar direitos fundamentais, tais como a privacidade e, neste sentido, destacamos facetas modernas do Direito Digital, em especial a Lei Geral de Proteção de Dados (13.709/2018), em vigência a partir de 2020
- 13 Várias consequências decorrem desta necessária permanente e ponderação entre o trabalho e a livre iniciativa, pois ambos são valores e construções sociais. O desenvolvimento necessariamente tem que considerar os impactos sociais, por exemplo, não é razoável que se admita a inovação como fato irreversível, sem ao menos estabelecer compensações para os setores que são prejudicados e afastados do mercado de trabalho por estas mesmas inovações.
- 14 Se as inovações tecnológicas conduzem à concentração de poder, além de negarem a sua própria essência (pois elas derivam da força da liberdade e da criatividade do pensamento humano), devem ser regulamentadas, pois quem detém conhecimento, detém poder. Sem divisão de poder e de responsabilidades, não há democracia.

## PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

A proteção da saúde e da segurança daqueles que se encontram envolvidos nos processos de utilização de nanotecnologias deve ser procurada em parâmetros de prevenção e de precaução.

Em termos gerais, podemos dizer que a prevenção é proteção voltada contra os riscos conhecidos, enquanto a precaução vincula-se aos riscos desconhecidos e futuros. Em ambos os sentidos, os desafios das normas de saúde e segurança do trabalho encontram-se em foco.

Com efeito, quanto à prevenção, tem predominado um discurso de revisão das Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança do Trabalho (aquelas que lidam com os riscos conhecidos e já avaliados), sob o argumento simplório de que as normas de saúde e segurança são extremamente burocráticas e que são entraves para o exercício da atividade econômica, quando ao contrário, dado o forte investimento econômico que as nanotecnologias exigem para sua viabilização, a segurança deve ser o principal valor, senão por respeito à vida, à saúde e a segurança, ao menos para evitar o desperdício de recursos escassos.

A precaução, por sua vez, vincula-se a riscos nos quais a mensuração e medidas de gerenciamento de risco se baseiam em probabilidades. Obviamente, viver é perigoso, não se trata de qualquer tipo de risco, mas deve-se tomar cautela, pois assim como as implicações das novas tecnologias são benéficas em cadeia, de forma inimaginável aos seus inventores e criadores, também as formas de aplicação das novas tecnologias não têm como ser mensuradas no momento de sua concepção e aplicação inicial.

Têm sido cada vez mais incrementados parâmetros de nanotoxicologia e nanosseguurança, haja vista que a manipulação da matéria em nanoescala pode até mesmo alterar as propriedades químicas originais dos nanoproductos, gerando níveis de toxicidade desconhecidos. Os impactos à saúde principalmente na forma respiratória e dermatológica não são desprezíveis e ainda não se encontram devidamente avaliados e controlados.

Infelizmente, existe ainda tendência consolidada de menor investimento no desenvolvimento econômico do que na consideração dos impactos dos produtos na saúde. Neste sentido, re-produzimos a advertência de Homero Batista Mateus da Silva:

“(...) o volume de recursos investidos no avanço da nanotecnologia é drasticamente desproporcional ao volume investido em pesquisas sobre os efeitos do contato desses elementos químicos nanofragmentados sobre o organismo do ser humano, seja ele consumidor final dos produtos, seja ele o trabalhador envolvido na cadeia produtiva. Em 2020, 20% de toda a matéria-prima utilizada em todos os ciclos produtivos conterá algum elemento químico nanofragmentado, afirmou a Organização Internacional do Trabalho em

sua preleção alusiva ao dia mundial de prevenção de acidentes de trabalho, em 28 de abril de 2010 – mas nem por isso estaremos preparados para tal enfrentamento, nem os testes de toxicidade atuais são eficazes nem os limites de tolerância são apropriados para essa nova fronteira do conhecimento humano” (*apud* RODRIGUES, 2019, pp. 105-106).

A utilização de nanoprodutos e nanomateriais deve adotar uma ótica diferente e precaucionista, não sendo o caso de aguardar o dano para depois agir e remediar (o que pode ser inclusive impossível) mas sim antever já na fase de projeto possíveis riscos, identificando-os e concretizando previamente medidas de proteção. O parâmetro geral do *safe by design* (segurança no desenho ou segurança no projeto, em suma, segurança desde o início do ciclo e do projeto), no qual o produto só chega ao mercado depois de testes rigorosos conduzido por pesquisadores independentes de diferentes países, podendo ser usado como experiência exitosa o consórcio chamado NANOREG no âmbito da União Européia.<sup>15</sup>

Vamos reforçar este ponto: a nanotecnologia pode trazer impactos que não simplesmente “nano” ou microscópicos, eles redefinem, aliás, a própria noção de escala. Se a própria substância química pode ver alteradas as suas propriedades e/ou funções elementares na escala nanométrica, nossa subjetividade e nosso senso de participação exigem mais informações e novas forças de ação social, que permitam a escolha de tecnologias que, já no seu projeto e no seu design, auxiliem na proteção do meio ambiente, da vida, da segurança, da equidade e da justiça.

## A SOLIDARIEDADE E A BOA FÉ

A solidariedade e a boa fé são princípios fundamentais no Direito, podendo ser aplicados em diferentes dimensões jurídicas e sociais, dentre as quais destacamos exemplificativamente a construção de parâmetros objetivos, éticos e valorativos de ação e comportamento; regras de responsabilidade civil quando da inobservância das normas e, neste momento, interessa-nos a centralidade dos mesmos em todo sistema jurídico de proteção ambiental, na própria compreensão da natureza e da ciência.

Nossa primeira aproximação se dá usando a filosofia do encontro, da pluralidade de Martin Buber (2014).

A compreensão da atuação do homem sobre o meio ambiente deve se dar não mais em um parâmetro centralizado na dominação e na conquista, mas sim relacional, inclusive por uma simples questão: o homem é tão somente parte do meio ambiente.

15 Em visita realizada em 2019 no CTNANO (Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno), o autor deste artigo pôde verificar in locu o laboratório nanotecnológico com respeito às regras de saúde e segurança em todo o processo, em respeito à precaução e ao *safe by design*.

O paradigma relacional, assim sendo, se torna extremamente rico e fértil para esta análise, entendendo-se relação como reciprocidade, com integralidade e plenitude. Apenas na relação entre Eu e Tu encontra-se a imediatidade da presença (não como algo evanescente e transitório), mas como o que nos confronta e com persistência nos aguarda, sem que possa ser ignorado, a não ser que aceitemos trágicas consequências.

A vida pública e a vida pessoal dependem de instituições e sentimentos, mas acima de tudo da presença central do Tu. A explosão de instituições, normas e regulamentos, por si só, não instaura uma comunidade de propósitos. De nada vale para a proteção do meio ambiente aceitar uma esfera unilateral e exclusivista, tal como a Economia, ou o Estado. Pois estas instâncias tendem a recusar qualquer soberania que não a do seu próprio domínio. E isto só produz agitações periféricas, em detrimento da relação viva com o próprio centro da humanidade.

Só quem conhece a relação e a presença do Tu está apto a tomar decisões em matéria ambiental. Só é livre, quem não só consegue se olhar no espelho, mas principalmente quem ingressa no face a face, quem consegue não apenas compreender o interesse do outro, mas sim entender que não há, em última instância, o outro como isso, mas sim como tu, que se coloca numa relação humana, espiritual e viva. A norma ambiental não terá nenhuma efetividade se colocarmos a natureza como coisa, como possibilidade de uso autoritário e autocrático. Meio ambiente vincula-se a saúde, cultura, espiritualidade.

A segunda perspectiva ética e pluralista que consideramos relevante é a de Alfonso López Quintás (2016).

A solidariedade é o mais importante dos valores, desde que os valores sejam compreendidos como encontros, através da generosidade, da veracidade, da confiança, da fidelidade e da comunicação, tudo isso gera entrega entre as pessoas (Quintás, 2016).

Os valores e princípios não são apenas idealizações, eles nos convidam e nos exortam para a ação, gerando um círculo virtuoso. Ser solidário é primeiro um sentimento de ajudar o outro (sentimento este que se explica como uma ressonância espiritual, uma irradiação luminosa) (Quintás, 2016, p. 104), para depois gerar um conhecimento (que não é um simples estudo, mas um compromisso entre ser e valor, entre desenvolvimento pessoal e abertura ao outro (Quintás, 2016, p. 19), que por fim gera um princípio interno de ação (Quintás, 2016, p. 15).

Extremamente importante é a chamada filosofia da crise ecológica de Höhle (2019), da qual extraímos alguns breves desdobramentos. Se a sabedoria é um princípio de harmonia, e não à destruição, o primeiro ponto diante de toda a questão ambiental (veja-se neste ano a pandemia COVID 19, e ainda as mudanças climáticas em todo o planeta), é saber se a huma-

nidade realmente progrediu ou regrediu pela forma como trata a natureza. A questão não se coloca em termos de culpar a ciência ou a técnica, o que em última instância, significaria a própria destruição da razão, mas sim da necessidade indispensável da transformação da ciência. Ela terá que se tornar mais holística e o método causal científico obrigatoriamente deverá adotar formas de conhecimento essencial, voltadas para a proteção do bem.

Não se trata apenas de se perguntar o que é exequível, mas principalmente de indagar se o que pode ser feito tecnicamente é significativo. O técnico não pode pretender uma suposta neutralidade, ele deve antecipar, avaliar e estimar as consequências ecológicas e sociais de suas ações. Abdicar e renunciar podem ser ações mais expressas e superiores de liberdade do que simplesmente explorar carências (Hösle, 2019, p. 75), que no final só criam carências e agravam desigualdades sociais e econômicas, colocando em risco a vida, a saúde e a segurança.

## **EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO**

Mais do que nunca, as nanotecnologias revitalizam a necessidade de se considerar novamente a educação, como direito social, e sobre o paradigma da república, tal como o faz o artigo 215 da Constituição brasileira ao definir a educação, como direito de todos e dever do Estado e da família, a ser promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

A educação cumpre papel fundamental nas nanotecnologias em várias dimensões, e só isto demandaria um estudo específico, mas vamos nos restringir a alguns pontos essenciais: I – a nanotecnologia, tal como diversas tecnologias de ponta, pode significar a exclusão de diversas pessoas do mercado de trabalho, e estas pessoas merecem receber educação, treinamento e requalificação para atuarem em outras atividades; II – a nanotecnologia pode alterar significativamente a forma de realização do trabalho, e sem esta educação, o trabalhador pode se submeter a condições de trabalho que agravam sua saúde, inclusive mental (melhor seria mais uma vez ressaltar o valor da democracia do trabalho, ou seja, que o trabalhador participe do processo de implementação da nanotecnologia no processo de trabalho, ao invés de puramente se submeter à atividade econômica).

Também por força de determinação da Constituição (com alteração significativa pela Emenda Constitucional 85/2019) reforça-se o dever do Estado na promoção e incentivo do desenvolvimento científico, da pesquisa, da capacitação científica e tecnológica, bem como da inovação (artigo 218, caput, CF). A pesquisa tecnológica por sua vez deve priorizar a solução dos problemas brasileiros e o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional (artigo 218, § 2º, CF), devendo o Estado ainda fomentar a formação e o fortalecimento da inovação nas empresas (artigo 219, § único, CF).

A educação pode e deve se combinar com a busca da eficiência econômica e da inovação, sendo que neste sentido encontra-se ótimo referencial no artigo 2º, inciso II, do decreto 9.283/2018<sup>16</sup>, ao definir como ambientes promotores da inovação - espaços propícios à inovação e ao empreendedorismo, que constituem ambientes característicos da economia baseada no conhecimento, articulam as empresas, os diferentes níveis de governo, as Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação, as agências de fomento ou organizações da sociedade civil.

Chamamos a atenção aqui do sentido central da pesquisa científica orientada por valores éticos e de responsabilidade social, o que poderá inclusive significar (e vemos que isso também já ocorre) que as nanotecnologias poderão trazer um forte potencial de substituição de tecnologias tradicionais industriais altamente poluentes. A precaução e a prevenção não são uma proibição tabu, não são proibições absolutas por antecipação, mas sim se realizam no próprio processo social, no processo científico, que exigem que se busquem tecnologias menos adversas ao meio ambiente e à saúde do trabalhador.

A inovação, todavia, não pode ser aceita como forma meramente disruptiva da economia ou do trabalho, simplesmente como forma de redução de custos e até mesmo de precarização do trabalho, sob o discurso de empreendedorismo.

Mais do que aceitar o paradigma absolutista de mercantilização da educação (tal como se a escola fosse apenas uma empresa, o que nitidamente viola a essência constitucional da educação na forma de nossa Constituição), entendemos é que a empresa que deve se transformar em escola, devendo ser reforçado não só o seu dever em garantir educação e contextualização dos seus empregados em novas competências tecnológicas (dado que a defasagem das mesmas é cada vez mais rápida), mas o próprio dever da sociedade como um todo, dos sindicatos e do próprio trabalhador.

O GT NANO, por sua vez, como órgão público especializado do MPT, não foge desta responsabilidade, sendo que seus membros têm constantemente participado de atividades educativas nos mais diferentes locais, encontrando-se disposto a dialogar com a sociedade sempre que convidado, e apenas a título de exemplo mencionamos seminários realizados sempre em novembro (nos últimos 2 anos, ou seja, 2019 e 2020), com ampla abertura para participação do público e de forma gratuita.

---

16 O decreto 9.283/2018 regulamenta a Lei 10.973/2004, que estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, com vistas à capacitação tecnológica, dentre outras questões correlatas.

## CONCLUSÃO

O Brasil não pode se furtar de buscar o desenvolvimento científico, sendo que de pesquisas derivadas de aplicações de nanotecnologias podem derivar consequências fabulosas para a saúde e prevenção de várias doenças. Por outro lado, não se devem desprezar também riscos extremos como a fabricação de nanorrobôs replicadores, que eliminem toda a matéria e vida em seu processo de autorreplicação.

A melhor perspectiva deriva da ponderação e consideração, de forma séria, rigorosa, técnica e científica, dos riscos e benefícios, impedindo que o exagero em uma das pontas impeça a busca da sustentabilidade. Nada impede que a sustentabilidade ambiental e a econômica sejam otimizadas em um processo no qual uma fortalece a outra de forma interdependente e complementar.

A sociedade deve participar de todo o processo, não é uma iniciativa exclusiva dos cientistas ou de instituições governamentais. Os impactos têm que ser ponderados sempre, pois é o próprio conceito e a possibilidade de vida de todo o ecossistema planetário que se encontram em risco.

O Ministério Público do Trabalho deve agir, desta forma, a favorecer o desenvolvimento científico, que favoreça o crescimento da economia e a geração de empregos e, ao mesmo buscar a sustentabilidade da vida e o trabalho decente.

A OCDE nos traz uma abordagem científica que bem merece ser reproduzida nesta parte final por trazer interdisciplinaridade em termos de ciências humanas, sociais e tecnológicas. Reproduzimos:

“As propriedades únicas das nanopartículas podem ter impactos biológicos adversos. A utilização segura da nanotecnologia, no âmbito da Saúde e da Segurança Ambiental, é uma tarefa multidisciplinar que vai além dos procedimentos tradicionais de avaliação de risco. Uma abordagem para combater os impactos é sondar o número de nanopartículas emergentes e sua ampla gama de propriedades usando uma plataforma de triagem de alta produtividade (TAP) que utiliza bibliotecas de nanopartículas exibindo uma gama de composições e propriedades combinatórias para estudar sua relação com uma resposta específica a lesões, bem como a exploração de métodos computacionais para auxiliar no estabelecimento de abordagens quantitativas mais seguras” (*apud* Rodrigues, 2019, p. 130).

A filosofia (da qual se vale o Direito para buscar suas mais valiosas experiências éticas) para buscar uma ética convincente do meio ambiente terá de buscar boas fontes, terá de ir até a biologia e a química, por exemplo. A interdisciplinaridade se torna um dever ético de tornar

acessível todos os resultados às diferentes disciplinas e áreas de conhecimento (Hösle, 2019, p. 89). A funcionalidade da nanotecnologia exige que o olhar jurídico não se concentre naquilo que é pequeno ou até invisível a olhos nus, mas sim na potencialidade de benefícios, aplicações e riscos que podem ser gerados e necessariamente tem de ser avaliados, gerenciados e controlados para a finalidade do bem: desenvolvimento social e econômico, proteção do meio ambiente, da vida e da segurança; garantia de dignidade humana e justiça social.

Nesta metodologia, devemos combinar, misturar, experimentar vários elementos, mas sempre a alma principal terá o composto do respeito e amor à vida, à saúde e à segurança. E nisto o composto não será nano.

## Referências

BUBER, Martin. **Eu e Tu**. Trad. Artur Morão e Sofia Favila. Lisboa, Portugal: Paulinas Editora, 2014

CARVALHO, Maurício Góes de & ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015.

COMISSÃO DE CONSTITUIÇÃO E JUSTIÇA DO SENADO FEDERAL. Parecer (SF) n.º 29/2020. **Projeto de Lei 880/2019**: Institui o Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados; dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica; altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993; e dá outras providências. In <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8069552&ts=1594030997128&disposition=inline>

FRYDMAN, Benoit. **O Fim do Estado de Direito**: Governar por standards e indicadores. Trad. Mara Beatriz Krug. 2ª edição. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2018

GUATTARI, Felix. **As Três Ecologias**. Trad. Maria Cristina F. Bittencourt. 21ª edição. Campinas, SP: Papyrus, 2012.

HOHENDORFF, Raquel Von & ENGELMANN, Wilson. **Nanotecnologias aplicadas aos agro-químicos no Brasil**: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito. Curitiba: Juruá, 2014

HÖSLE, Vittorio. **Filosofia da Crise Ecológica**: conferências moscovitas. Tradução Gabriel Assumpção. São Paulo: Liber Ars, 2019.

KURWEIL, Ray. **A singularidade está próxima**: quando os humanos transcendem a biologia. Trad. Ana Goldberg. São Paulo: Itaú Cultural: Iluminuras, 2018.

LEONHARD, Gerd. **Tecnologia versus Humanidade**. Trad. Florbela Marques. Lisboa-Portugal: Gradiva, 2017

LIMA JR, João Manoel de. **Autorregulação: Regime Jurídico**. Curitiba: Juruá, 2018

LIPOVETSKY, Gilles. **Da Leveza: rumo a uma civilização sem peso**. Tradução Idalina Lopes. Barueri, SP: Manole, 2016.

OECD, **Inventory of national Science, technology and innovation policies for Nanotechnology 2008**. OECD Publishing. Disponível em <http://www.oecd.org/sti/nano/43348394.pdf>. Acesso em 3/12/2020.

QUINTÁS, Alfonso Lopez. **O conhecimento dos Valores: Introdução Metodológica**. Tradução Gabriel Perissé. São Paulo: É Realizações, 2016.

RODRIGUES, Ivandick Cruzelles. **Da Responsabilidade Civil por Danos decorrentes de Exposição Ocupacional aos nanomateriais: um estudo sobre métodos integrativos no Direito do Trabalho brasileiro**. São Paulo/SP: USP – Faculdade de Direito (Tese de Doutorado em Direito do Trabalho), 2019.

SCHWAB, Klaus. **Aplicando a Quarta Revolução Industrial**. Trad. Daniel Moreira Miranda. São Paulo: EDIPRO, 2018.

\_\_\_\_\_. **A Quarta Revolução Industrial**. Trad. Daniel Moreira Miranda. São Paulo: EDIPRO, 2016.

## 4. NANOTECNOLOGIAS: REGULAÇÃO BASEADO EM EVIDÊNCIAS

Pedro Canisio Binsfeld<sup>1</sup>

### RESUMO

Nos últimos anos, muito se fala na regulação das nanotecnologias, porém, como tecnologia disruptiva, pela complexidade, limitações na validação de metodologias de análise e escassas referências sobre nanopartículas e nanomateriais, ainda persistem expressivos desafios regulatórios. Atualmente, pelas ainda limitadas evidências técnicas e científicas validadas, utiliza-se predominantemente o modelo de comando e controle além de se aplicar o princípio da precaução como meio de evitar o perigo concreto/abstrato, mas cuja ocorrência seja verossímil. Como alternativa ao atual modelo regulatório, no presente texto discorre-se sobre o modelo regulatório que é tratado como a melhor prática regulatória global e que se vale da ciência regulatória e da regulação baseada em evidências. Globalmente cresce a aceitação do uso de evidências técnicas e científicas validadas para auxiliar autoridades regulatórias na elaboração de normas regulatórias que consigam proteger os interesses públicos e maximizar os benefícios econômicos e sociais. Para além disso, evidências permitem antecipar possíveis riscos e permitem abordagens proativas para a regulação das nanotecnologias. Entretanto, vale ressaltar que a implementação de um modelo de regulação baseada em evidências requer maturidade política, científica, técnica e regulatória, para que os benefícios sejam aproveitados de maneira a prover prosperidade, segurança e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Nanopartículas, nanomateriais, nanosseguurança, ciência regulatória.

### INTRODUÇÃO

As nanotecnologias estão na base das principais mudanças científicas e tecnológicas nos anos recentes, com reflexos importante na sociedade, no trabalho, meio ambiente e outros domínios. Estas tecnologias são definidas como área do conhecimento científico-tecnológico

<sup>1</sup> PhD e especialista em biotecnologias e nanotecnologias, com ênfase em ciências regulatórias, evolução e impactos sobre processos de inovação, segurança e sustentabilidade das tecnologias. E-mail: [binsf@terra.com.br](mailto:binsf@terra.com.br).

transversal, disruptivo e pervasivo, que requer a compreensão, controle e utilização de propriedades particulares da matéria em escala manométrica (Gottardo et al. 2017).

Pela manufatura da matéria em escala nanométrica e molecular obtém-se a produção de nanopartículas<sup>2</sup>, que por sua vez, compõe os nanomateriais (NM) que podem apresentar propriedades distintas do material de origem. Por longos anos as discussões sobre nanopartículas consideravam mais o tamanho do que às suas propriedades, porém, entende-se que esta definição não é específica o suficiente. A nanoescala não se refere apenas ao tamanho, mas principalmente sobre as propriedades físicas, químicas, biológicas e ópticas únicas que surgem naturalmente em nanopartículas ou pela capacidade de modular tais efeitos. As propriedades específicas dos nanomateriais são de grande interesse para impulsionar a inovação e ofertar produtos inovadores, embora, tais propriedades possam também ser responsáveis por efeitos adversos ou aumentar a toxicidade dos nanomateriais, razão pela qual demandam diferenciados procedimentos de avaliação quanto sua segurança, assim como, requerem regulamentação específica (Rai & Nguyen 2022, Rauscher et al. 2023).

Atualmente, os nanomateriais, na forma de nanopartículas sintéticas, já são encontrados em mais de 5.300 produtos de consumo, de acordo com os registros na base de dados *Nanodatabase*, incluindo produtos farmacêuticos, cosméticos, saneantes, tecidos, tintas, biocidas, produtos esportivos, produtos eletrônicos, produtos de conversão de energia, materiais de construção, partículas com aplicações em ciências biológicas, células solares, catálise e novos compostos, para citar apenas alguns (Nanodatabase 2023).

Todos estes produtos e materiais baseados em nanotecnologia tem um enorme potencial para novas soluções tecnológicas aos desafios atuais que a sociedade enfrenta. No entanto, a celeridade da inovação e desenvolvimento das nanotecnologias criou assimetria entre produtos inovadores e a capacidade de governança dos potenciais riscos associados, pelas autoridades regulatórias. Esta assimetria é agravada pela necessidade de desenvolver novos padrões de referência e metodologias analíticas específicas para nanotecnologias. E embora tenha havido avanços na capacidade analítica, há cogente necessidade de aprimorar os mecanismos regulatórios em âmbito nacional e internacional, para avaliação de segurança das nanotecnologias (Lima da Cunha 2019).

Apesar de diversas iniciativas com aumento da pesquisa e discussões regulatórias iniciais sobre segurança das nanotecnologias, existem ainda limitados conhecimentos e informações validadas, portanto, há uma necessidade urgente de ação na produção de evidências técnicas

---

2 Nanopartículas são partículas com tamanho entre 1 e 100 nanômetros (nm). Em nanotecnologia, uma partícula é definida como a unidade inteira em termos de transporte e das propriedades. Nanopartículas podem ou não exibir propriedades relacionadas ao tamanho, as quais podem diferir significativamente daquelas observadas em partículas mais volumosas do mesmo materiais.

e científicas que considerem o comportamento dos nanomateriais e nanopartículas sobre a saúde dos consumidores e trabalhadores, bem como comportamento ambiental e efeitos toxicológicos, especialmente porque os testes descritos na literatura internacional são muitas vezes realizados no início do processo de desenvolvimento do produto, e o nanomaterial no produto final pode comportar-se de forma diferente (Hohendorff & Engelmann 2014, Devasahayam, 2019).

É importante ressaltar que, no Brasil, há uma limitada disponibilidade de diretrizes técnicas, normativas e ausência de regulação específica para nanotecnologias. Neste cenário, considerando a complexidade da regulação das nanotecnologias e um restrito engajamento no debate sobre modelos regulatórios, o objetivo do presente texto é apresentar conceitos, o significado e importância da ciência regulatória para o modelo de regulação baseada em evidências como forma de aprimorar o processo regulatório e ampliar a assertividade na elaboração de diretrizes e normas regulatórias pelas autoridades responsáveis.

## CIÊNCIA REGULATÓRIA

A ciência regulatória é uma área do conhecimento que se centra na aplicação de princípios científicos e evidências técnicas para auxiliar na definição de mecanismos para elaboração, implementação e avaliação de diretrizes e normas regulatórias pelas autoridades competentes. Além disso, é a ciência do desenvolvimento de novas ferramentas, padrões com abordagem científica e interdisciplinar para avaliar a segurança, qualidade e a eficácia de produtos, processos e serviços regulados, como por exemplo as nanotecnologias. O objetivo é qualificar os mecanismos regulatórios que orientem o uso, a produção e a comercialização de produtos e serviços, para promover a proteção da saúde, segurança e bem-estar da sociedade, bem como a proteção do meio ambiente.

A ciência regulatória é aplicável nas mais diversas áreas, como saúde, segurança alimentar, segurança do trabalho e ambiental, produtos químicos, medicamentos, dispositivos médicos, energia, telecomunicações, entre muitos outros setores regulados.

Os cientistas regulatórios desempenham um papel fundamental na medida em que utilizam métodos científicos e abordagens analíticas para avaliar riscos, definir limites e estabelecer padrões de conformidade. Realizam experimentos, estabelecem padrões, pesquisa e análises de dados, estudos epidemiológicos, revisões sistemáticas da literatura entre outros métodos científicos para embasar a fundamentação para a tomada de decisões regulatórias.

Vale destacar ainda que a ciência regulatória deve considerar a interação e colaboração entre governos, legislativo, judiciário, agências reguladoras, especialistas acadêmicos, indústria,

sociedade civil, trabalhadores, consumidores e outras partes interessadas. A interação permite e acelera a difusão e troca de informações, conhecimentos e perspectivas de fundamentar a tomada de decisões baseadas em evidências o que as torna mais eficazes e assertivas.

Por fim, a ciência regulatória desempenha um papel crucial na proteção da sociedade e do meio ambiente, equilibrando os interesses de diferentes partes envolvidas e promovendo a segurança, a qualidade e a conformidade em diversos setores regulados, considerando as melhores práticas e conhecimentos técnicos e científicos.

## REGULAÇÃO BASEADA EM EVIDÊNCIAS

A regulação baseada em evidências é um princípio que busca embasar as decisões regulatórias nas melhores evidências científicas disponíveis e validadas. Dados e informações são a força vital da regulação moderna. Este processo envolve a coleta, análise e interpretação de dados e informações (evidências) científicas relevantes para avaliar os riscos e benefícios de determinado produtos, tecnologia ou processo que é regulado. A ciência regulatória desempenha um papel fundamental na implementação da regulação baseada em evidências, pois envolve a utilização de dados e informações científicas para informar e embasar a tomada de decisões regulatórias.

Acrescenta-se, ainda, que a regulação baseada em evidências segue uma abordagem semelhante que busca embasar as intervenções e decisões profissionais em evidências técnicas e científicas. Para ilustrar, essa abordagem, as áreas da saúde, como, a medicina, enfermagem e psicologia, se busca tomar decisões clínicas e de cuidado de saúde com base nas melhores evidências técnicas e científicas disponíveis. O mesmo princípio se aplica na regulação baseada em evidências onde a utilização de dados e informações científicas são a base para as decisões regulatórias, tendo sido pré-definida a ênfase na segurança, na qualidade e na eficácia dos produtos e tecnologias reguladas.

Porém, se por um lado a regulação baseada em evidências parece ser importante e representar um avanço no sentido de qualificar os mecanismos regulatórios, por outro lado há uma pressão crescente para tratar a regulação baseada em evidências como uma melhor prática global, com claros interesses políticos, na esperança de superar barreiras e frear o “estado regulador, organismos reguladores, e mecanismos multilaterais” além de limitações técnicas como no caso de tecnologias inovadoras onde há falta de referências técnicas e metodologias validadas.

Tais considerações apontam que na atualidade a regulação baseada em evidências ainda tem limites de aplicação e existem certas condições sob as quais provavelmente essa prática de

tomada de decisão será menos viável que o modelo comando e controle ou a própria aplicação do princípio da precaução. Entre as condições tem-se: I) interesses políticos globais; II) protecionismos; III) barreiras técnicas; IV) ausência de padrões, dados e informações validadas; V) assimetria entre desenvolvimento de tecnologias inovadoras e metodologias de avaliação da segurança; e, VI) os tomadores de decisão têm limitada capacidade técnica para avaliação das tecnologias. Essas condições provavelmente estarão presentes em formas complexas em âmbito nacional e transnacional com efeitos que se estendem a países relativamente pobres (Davis 2019).

Portanto, o modelo da regulação baseada em evidências tem o objetivo de tomar decisões informadas com base em informações técnicas e científicas validadas. Sem no entanto representar uma imposição revestida de “melhor prática e harmonização global” pelo domínio econômico.

## REGULAÇÃO BASEADA EM EVIDÊNCIAS EM NANOTECNOLOGIAS

A regulação baseada em evidências em nanotecnologias envolve tomar decisões regulatórias com base em dados, padrões e informações científicas validadas para nanopartículas e nanomateriais. Porém, como esta tecnologia tem características disruptivas, complexas, limitações na validação de metodologias de análise e escassas referências sobre nanopartículas e nanomateriais, ainda há desafios expressivos para aplicação da regulação baseada em evidências. Neste sentido, em muitos casos ainda se utiliza o modelo de comando e controle e o princípio da precaução para evitar o perigo concreto/abstrato, mas cuja ocorrência seja verossímil. Essa prática ainda é importante com vistas à segurança e eficácia dos produtos que contém nanotecnologias, na ausência de evidências validadas.

É interessante ressaltar ainda que em relação a regulação baseada em evidências para as nanotecnologias, se faz necessário cumprir algumas etapas, entre as quais se destacam: I) Coleta de evidências científicas abrangentes e validadas sobre os efeitos em diferentes áreas, como saúde, meio ambiente e segurança das nanopartículas ou nanomateriais, com medição de impactos ao longo do ciclo; II) desenvolvimento e validação de padrões técnicos para serem usados como referências comparativas; III) avaliação dos riscos associados às nanotecnologias, o que envolve identificar os possíveis efeitos adversos à saúde humana, saúde do trabalhador e ao meio ambiente, bem como as medidas de mitigação necessárias para minimizar esses riscos; IV) Elaboração de diretrizes e normas regulatórias com foco na avaliação de risco. As diretrizes e normas devem estabelecer os requisitos e padrões que os produtos e tecnologias relacionados à nanotecnologia devem atender para serem considerados seguros

e eficazes. Além disso, devem ser baseadas nas melhores evidências científicas disponíveis e serem atualizadas regularmente à medida que novas evidências são validadas; V) implementação de mecanismos de monitoramento e atualização das diretrizes e normas; VI) a regulação baseada em evidências em nanotecnologia requer colaboração entre as diferentes partes interessadas, incluindo governo, autoridades regulatórias, instituições de pesquisa, indústria, sociedade civil, entre outras; VII) este modelo de regulação das nanotecnologias requer fomento, educação e conscientização sobre os riscos e benefícios das nanotecnologias, incluindo a formação de profissionais de saúde, cientistas e reguladores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, muito se fala na necessidade de aprimorar a regulação das nanotecnologias, porém, como tecnologia inovadora, disruptiva, complexa e com limitações na validação de metodologias de análise e escassas referências sobre nanopartículas e nanomateriais, ainda há desafios regulatórios expressivos. Para governança das nanotecnologias, informações de segurança ao longo de todo do ciclo de vida do nano são vitais.

A aplicação do princípio da precaução deve ser devidamente conjugada, de forma dinâmica à evidência científica, com uma alimentação recíproca, mútua e interdependente. Na verdade, toda a pesquisa se coloca como uma construção científica coletiva, e visa exatamente eliminar riscos e incertezas, de forma contínua, sempre surgindo novos cenários e aplicações, que demandam contínuas avaliações do risco.

Por outro lado, no modelo de regulação baseada em evidências, os reguladores se valem de evidências técnicas e científicas validadas para elaborar diretrizes e normas. Esse modelo parte de um racional técnico e científico, focando na análise de risco, em vez de impor regras genéricas e nem sempre contemplativas para o controle efetivo do risco. A regulação baseada em evidências requer pesquisa, vigilância contínua e dinâmica para ajustar as diretrizes e normas de acordo com os avanços partindo das melhores evidências disponíveis.

Por fim, é importante ressaltar que a implementação de um modelo de regulação baseada em evidências requer maturidade política, científica, técnica e regulatória. Requer fomento em ciência regulatória, desenvolvimento de padrões, metodologias analíticas, caracterização e análise da segurança dos nanomateriais, de maneira que o modelo resulte em decisões fundamentadas com a avaliação dos riscos para que os benefícios sejam aproveitados de maneira segura e sustentável. Sem no entanto, abrir mão da soberania e do princípio da autodeterminação regulatória que confere ao país o direito de decidir livremente os critérios técnicos validados a serem adotados na elaboração de diretrizes e normas regulatórias para as nanotecnologias.

## REFERÊNCIAS

DEVASAHAYAM, S. **Nanotechnology and nanomedicine in market**: a global perspective on regulatory issues. In Mohapatra SS *et. al.* (orgs.) *Characterization and Biology of Nanomaterials for Drug Delivery*; Micro & Nano Technologies Series. Amsterdã: Elsevier, 2019, p. 488-522.

DAVIS KE. **The Limits of Evidence-Based Regulation**: The Case of Anti-Bribery Law. NYU Law and Economics Research, 19-42, 2019. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3490807>.

GOTTARDO, S. et al. **NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials**. Ispra: European Union, 2017.

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.

KOLTSOV, D. **Nanotechnology standards for industry, regulators and other stakeholders**. Global Summit on Regulatory Science 2019.

LIMA DA CUNHA, C. E. **Safe by design**: creating nanomaterials of tomorrow. Global Summit on Regulatory Science 2019.

MECH, A et al. **Nano or not nano?** A structured approach for identifying nanomaterials according to the European Commission's definition. *Small*, v. 16, p. 200-228, 2020.

MECH, A. et al. **The NanoDefine Methods Manual**. Ispra: European Union, 2020.

MIERNICKI, M. et al. **Legal and practical challenges in classifying nanomaterials according to regulatory definitions**. *Nature Nanotechnology*, v. 14, p. 208-2016, 2019.

NANODATABASE. **Search the Nanodatabase** - The inventory for products that contain Nanomaterials. 2023. <https://www.nanodb.dk/>.

QUEVEDO JP. **A retórica sobre inovação, impactos, regulação e riscos na política pública de nanotecnologia do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. 2019.

RAI, Mahendra & NGUYEN, Tuan Anh. **Micro and Nano Technologies, nanomaterials Recycling**, Elsevier, 2022, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90982-2.00025-1>.

RAUSCHER, H., KESTENS, V., RASMUSSEN, K., LINSINGER, T. AND STEFANIAK, E., **Guidance on the implementation of the Commission Recommendation 2022/C 229/01 on the**

**definition of nanomaterial**, EUR 31452 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023.

# 5. SUSTENTABILIDADE, PRECAUÇÃO E RESPONSABILIDADE CIVIL NA PRODUÇÃO, MANIPULAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES

**Guilherme Kirtschig**

## Resumo

O objetivo geral deste artigo consiste em delinear uma concepção de Sustentabilidade que possa responder aos riscos das novas tecnologias típicas da Quarta Revolução Industrial, denominadas Tecnologias Emergentes, sem prejudicar as oportunidades que elas apresentam. Como objetivos específicos, busca-se apresentar duas abordagens de Sustentabilidade, top-down e bottom-up, e seu relacionamento com a tecnologia em geral; a seguir, descrever as Tecnologias Emergentes e os princípios da precaução e da promoção, vinculando-os às duas abordagens da Sustentabilidade, e situar o conjunto no cenário jurídico brasileiro; apresentar uma leitura ativa e contextualizada do princípio da precaução, apta a embasar uma terceira abordagem da Sustentabilidade, destinada a resguardar os valores constitucionais em sua interface com as Tecnologias Emergentes, sem abrir mão de seus benefícios; e, finalmente, descrever a vinculação dessa abordagem da Sustentabilidade com a Responsabilidade Civil em sua dimensão preventiva, que igualmente opera sob o vetor do princípio da precaução.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Tecnologias Emergentes, Precaução, Promoção, Responsabilidade Civil Preventiva

## Introdução

O presente artigo propõe-se a delinear uma concepção de Sustentabilidade que possa responder aos riscos das novas tecnologias, típicas da Quarta Revolução Industrial e denominadas Tecnologias Emergentes, sem prejudicar as oportunidades que essas mesmas tecnologias oferecem.

Para tanto, inicialmente identificam-se duas aproximações distintas do fenômeno da Sustentabilidade, dentre as inúmeras que são possíveis, denominando-as de *top-down* e *bottom-up*; e analisa-se o modo como cada uma delas se relaciona com as Tecnologias Emergentes, incluindo os desafios que elas apresentam.

A partir disso, perquire-se a acomodação dessas duas aproximações ao cenário jurídico brasileiro, e, mantendo-o como pano de fundo, intenta-se a construção de uma ponte entre elas, de modo a extrair o melhor de cada uma, no enfrentamento dos desafios mencionados.

Em seguida, expõe-se que tal ponte embasa-se em uma leitura ativa e contextualizada do princípio da precaução, utilizando-o como material de construção; de modo a proporcionar o surgimento de uma visão híbrida da Sustentabilidade.

Finalmente, expõe-se que tal visão ostenta uma relação intensa com a sistemática da Responsabilidade Civil, especialmente em sua dimensão preventiva, já que ela opera, igualmente, sob o vetor orientativo do princípio da precaução, em sua versão ativa e contextualizada.

Para cumprir os seus objetivos, a pesquisa encetada operou com o método indutivo em sua fase de investigação; o método analítico na fase de tratamento de dados; e, no presente relatório em forma de artigo científico, utiliza-se novamente o método indutivo. As técnicas de suporte foram a da categoria, do conceito operacional, do referente e da pesquisa bibliográfica<sup>1</sup>.

## **A Sustentabilidade, suas Dimensões e Relação com a Tecnologia**

A Sustentabilidade vem sendo crescentemente evocada nas mais diversas searas dos debates públicos, seja a política, a jurídica, a educacional, a jornalística, dentre outras, e hodiernamente compõe discursos nas mais variadas áreas da ciência. Robert Paehlke afirma tratar-se de um conceito-ponte, integrando as ciências sociais, as ciências naturais e a filosofia em uma totalidade mais ampla, e aponta sua pertinência simultânea, por exemplo, à biologia, à ciência política, à economia e à ética (Paehlke, 2005, p. 36).

Esse caráter holístico da ideia de Sustentabilidade, porém, não a exime de ambiguidades, e não surpreende que argumentos, nela centrados e em aparente desacordo, estejam na verdade tratando de objetos totalmente diferentes<sup>2</sup>.

1 Sobre métodos e técnicas, vide Pasold (2018, p. 89 a 115).

2 Sobre diferença e desacordo, vide Dworkin (2011, p. 130 a 134 e 157 a 188).

Dentre as inúmeras aproximações distintas que se apresentam, em relação ao fenômeno da Sustentabilidade, duas apresentam especial relevância no tocante à sua relação com a tecnologia. Propugna-se denominá-las de *top-down* e *bottom-up*, em linha com uma terminologia em voga no âmbito da nanotecnologia, objeto do presente manual<sup>3</sup>. Todavia, interessante ressaltar que não se pretende a mesma exatidão com a qual essas noções são aplicadas no âmbito tecnológico, já que o campo jurídico, interpretativo, solicita maior abertura conceitual.

Pois bem, de uma perspectiva *top-down*, a Sustentabilidade consiste em um princípio fundamental do Direito (Bosselmann, 2015, p. 89), estruturante do Estado Constitucional, tanto quanto os princípios da democracia, liberdade, juridicidade e igualdade (Canotilho, 2010, p. 7); apresentando, como substratos éticos, a não satisfação das necessidades humanas às custas das gerações futuras e do ambiente natural (Bosselmann, 2015, p. 27), o valor inerente de toda a vida (Bosselmann, 2015, p. 104 e 109), e a dignidade e o potencial de todos os seres humanos (Bosselmann, 2015, p. 104). O seu conteúdo aponta para o dever de proteger e restaurar a integridade ou a substância dos sistemas ecológicos da Terra (Bosselmann, 2015, p. 82), de modo a manter os níveis de consumo de recursos naturais em patamar igual ou inferior à capacidade de regeneração ou recuperação dos ecossistemas (Canotilho, 2010), assim assegurando que a sociedade possa perpetuar-se indefinidamente no tempo, em condições que garantam a dignidade humana (Cruz; Ferrer, 2015, p. 239 a 278).

Já sob uma perspectiva *bottom-up*, a Sustentabilidade incluirá todas as medidas que permitam a uma dada comunidade perdurar no tempo e gerar crescimento econômico, satisfazendo as suas necessidades de longo prazo e proporcionando bem estar a seus integrantes, dentro dos limites dos sistemas naturais nos quais se insere, e, portanto, preservando a qualidade do seu meio-ambiente (Durant, 2017a). Sob esse prisma, trata-se de um conceito denominado generativo, ou seja, que se desenvolve e enriquece na medida de sua aplicação a situações práticas, ao incorporar as experiências geradoras de resultados bem-sucedidos, incentivar novos modos de enxergar antigos problemas, explorar novas ferramentas e contemplar sua adaptação a outras circunstâncias e contextos (Durant, 2017a; Kraft, 2017)<sup>4</sup>.

A visão *top-down*, apresentada acima, é de origem jurídica, mas pode incorporar as soluções multidisciplinares, estruturais e cooperativas compatíveis com suas diretrizes, e que sejam necessárias para o enfrentamento de problemas globais e sistêmicos que se impõem à Humanidade (Freitas, 2016. p. 53). Nesse sentido, ela terá papel central em uma ordem jurídica global, presidindo “[...] o conjunto intersistêmico de relações que o ambiente gera com outros

3 Vide, por exemplo, a didática explicação contida em Luther. Com mais detalhes, Silva (2008, p. 10 a 12)

4 Este último apresenta uma revisão detalhada das experiências de diversas cidades dos Estados Unidos da América, que tinham por objetivo tornar-se sustentáveis.

bens e valores, principalmente nas perspectivas sociais, econômicas, culturais e tecnológicas” (Cruz; Ferrer, 2015, p. 250 e 251).

A aproximação *bottom-up*, por sua vez, já é *ab initio* de natureza multidisciplinar. Todavia, seus proponentes vislumbram que a Sustentabilidade, assim compreendida, possa tornar-se a premissa central que anima a governança ambiental, inclusive no âmbito global, atribuindo a esta última um sentido de propósito baseado em resultados (Durant, 2017a). Para eles, a Sustentabilidade representa a terceira e presente geração da governança ambiental, que se une àquelas que lhe antecederam, centradas, respectivamente, na regulação do tipo comando-e-controle e em incentivos econômicos (Durant, 2017a). Por esse caminho, pode-se vislumbrar sua incorporação ao Direito, já que regulações e incentivos econômicos de natureza ambiental, nos mais diversos âmbitos, gradualmente passam a incorporar as diretrizes da Sustentabilidade.

Ambas as concepções são multidimensionais.

Para Paulo Márcio Cruz e Gabriel Real Ferrer (Cruz; Ferrer, 2015, p. 243 a 250), adeptos da visão *top-down*, as denominadas dimensões clássicas da Sustentabilidade são três: a ambiental, concernente à preservação dos processos complexos que permitem a manutenção da vida no planeta, mediante redução da pressão da sociedade humana sobre os ecossistemas; a econômica, atinente ao incremento da geração ambientalmente sustentável de riquezas e de sua distribuição equitativa; e a social, relacionada à garantia de dignidade e qualidade de vida a todos. Como se percebe, as três dimensões são calcadas, predominantemente, em valores.

Já para Robert F. Durant, Daniel Fiorino, Rosemary O’Leary e Michael Kraft, proponentes de uma visão *bottom-up*, a Sustentabilidade cria a denominada *triple bottom-line*, no sentido de que os benefícios do crescimento econômico não devem ser perseguidos de forma desenfreada, sem considerações quanto à qualidade ambiental e à justiça social (Durant, 2017a, 2017b).

A expressão *bottom-line* é oriunda da administração de empresas e das finanças, e significa o resultado, originalmente expresso em termos financeiros, de perdas e ganhos de um determinado período, obtido por um dado empreendimento.<sup>5</sup> A sua triplicação implica agregar também os resultados sociais e ambientais ao balanço final, noção que desbordou do empreendedurismo para alcançar comunidades, cidades, estados, países, e a governança global. Percebe-se assim que, nessa linha, as três dimensões se assentam primordialmente em resultados.

5 BOTTOM LINE. **Cambridge Dictionary**. Disponível em < <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/bottom-line>>acesso em 2.8.2023.

Também será distinto o modo como cada concepção encara a evolução tecnológica em geral.

O emprego intenso da tecnologia, de modo a extrair a máxima utilidade da natureza, liga-se ao ideário característico da idade moderna, de domínio do ser humano sobre o ambiente natural e sobre o seu próprio destino (Derani, 2008. p. 162). Cruz e Ferrer apontam que a exacerbação dessa pretensão, ao longo da modernidade e, especialmente, em sua fase mais recente, provocou o desenvolvimento de tecnologias capazes de engendrar riscos globalmente catastróficos, e assim extinguir a própria sociedade que proporcionou sua criação (Cruz; Ferrer, 2015, p. 263).

Segundo esses autores, cada uma das três dimensões clássicas da Sustentabilidade responde a modalidades de riscos capazes de pôr fim ao progresso civilizatório da sociedade humana; sendo, justamente por conta disso, necessário reconhecer a existência de uma dimensão adicional: a tecnológica (Cruz; Ferrer, 2015, p. 263 e p. 264). A tecnologia, assim, é vista principalmente sob o viés dos riscos que proporciona, e da necessidade de seu controle para promoção das demais dimensões da Sustentabilidade. É um modo de ver compatível com a concepção *top-down* da Sustentabilidade.

Por outro lado, Daniel J. Fiorino aponta que a tecnologia proporciona o uso mais eficiente dos materiais e da energia, reduzindo os custos da produção e aumentando seu valor (Fiorino, 2017). Ele propõe que qualquer regulação ambiental deva ser planejada de modo a não turbar o desenvolvimento de novas tecnologias; evitando-se políticas prescritivas quanto a padrões tecnológicos a serem adotados pelos agentes, de modo a proporcionar-lhes amplo espaço de flexibilidade para escolha dos meios necessários para aderir às regulações (Fiorino, 2017).

Jennifer Kuzma vai além, e sugere que as regulações ambientais devam ter, como um de seus objetivos, o estímulo à geração de novas tecnologias, que possibilitem aos agentes atingir os objetivos fixados pelas políticas ambientais (Kuzma, 2017).

A tecnologia, desse modo, destaca-se pelas oportunidades que proporciona, especialmente pelos resultados sustentáveis que é suscetível de gerar; visão essa que se amolda a uma concepção *bottom-up* da Sustentabilidade.

Resta refletir sobre as possibilidades que essas duas concepções apresentam, com relação às Tecnologias Emergentes, entre as quais inclui-se a nanotecnologia.

## Tecnologias Emergentes, Precaução e Promoção

O período compreendido entre o fim do século passado e a atualidade testemunhou um salto quantitativo e qualitativo no desenvolvimento tecnológico ocorrido na sociedade, o qual vem se disseminando por seus mais variados âmbitos.

Klaus Schwab (2016, p. 12 e 13) ressalta a estreita conexão e interação entre as modificações, emergentes da aplicação de inovações tecnológicas aos processos produtivos, ocorrida a partir da época mencionada, e a reconfiguração das relações sociais, em um contexto que denomina de “Quarta Revolução Industrial”. O autor menciona (Schwab, 2016, p. 12 e 13), como exemplos das novidades tecnológicas que integram o contexto da revolução que descreve, a inteligência artificial, a robótica, a internet das coisas, os veículos autônomos, a impressão em 3D, a nanotecnologia, a biotecnologia, e a computação quântica; todas desenvolvendo-se de modo convergente, construindo e amplificando umas às outras.

Fabiano Hartmann Peixoto e Roberta Zumblick Martins da Silva (2019, p. 50) apontam que essas inovações consistem em um movimento abrangente, abarcando diversas áreas do conhecimento e ambicionando atuar sobre os grandes desafios da sociedade.

Propõe-se, aqui, utilizar a denominação de Kuzma (2017) para referência às tecnologias desenvolvidas nesse contexto revolucionário, distintas das tecnologias tradicionais: Tecnologias Emergentes. Segundo a autora (2017), trata-se de tecnologias habilitadoras recentes, que podem ser aplicadas com múltiplos propósitos, e têm potencial disruptivo em relação a sistemas sociais e naturais.

Kuzma (2017) acrescenta que elas envolvem déficits de conhecimento em relação aos seus impactos na saúde humana, no meio-ambiente, na organização social e na cultura; e, por isso, as decisões a seu respeito são tomadas em contexto de grande incerteza.

Vale apontar ainda que as Tecnologias Emergentes caracterizam-se por sua capacidade de interagir com os sistemas naturais de formas complexas e desconhecidas, e assim provocar alterações irreversíveis nos ecossistemas (Fiorino, 2017). Como afirma Maria-Angéle Hermitte, “[...] os perigos são pouco perceptíveis pelos sentidos e provêm da articulação de várias causas, o que aumenta a angústia, recriando um reino de sombras (particularmente verdadeiro no que diz respeito à radioatividade, às biotecnologias, às nanotecnologias) [...]” (Hermitte, 2006, p. 7 a 29. p. 8).

Como se percebe, os aspectos disruptivos das Tecnologias Emergentes tocam todas as dimensões da Sustentabilidade, econômica, social e ambiental, qualquer que seja o prisma sob o qual ela seja vista.

Todavia, podem-se reconhecer respostas com duas bases distintas, aos desafios postos à humanidade pelas Tecnologias Emergentes.

Uma delas é a precaucional, orientada pelo princípio do mesmo nome.

O princípio da precaução demanda uma conduta cautelosa, antecedente à manifestação do perigo, e objetiva estabelecer um perímetro de segurança espaço-temporal em relação a tal manifestação (Derani, 2008, p. 150). Conforme Teresa Ancona Lopez (2010, p. 103), ele “[...] exige a tomada de medidas drásticas e eficazes com o fito de antecipar o risco suposto e possível, mesmo diante da incerteza”.

Tal princípio tem sido visto como parte integrante da Sustentabilidade, compreendida sob uma perspectiva *top-down*.

Délton Winter de Carvalho (2013, p. 198), por exemplo, afirma que inobstante as “[...] incertezas a respeito das conseqüências futuras de determinadas atividades, a norma jurídica não pode se abster de garantir o direito das futuras gerações às condições e qualidade ambientais necessárias à subsistência digna [...]”.

Observe-se, sobre esse excerto, que enquanto a necessidade de adotar medidas para evitar danos ambientais, mesmo em cenários de incerteza, é da essência da precaução; a preservação da qualidade ambiental, de modo a garantir o suprimento das necessidades das futuras gerações, é ideia reitora da Sustentabilidade *top-down*, como exposta no item 1.

A outra resposta é a promocional, que pode ser ilustrada como uma inversão da resposta precaucional.

Nesse sentido, Kuzma (2017) assenta que o princípio da promoção implica considerar uma dada tecnologia como inofensiva, até que eventuais danos sejam comprovados; e em uma tendência à aceitação de “falsos negativos” quanto à existência de danos, ao invés de “falsos positivos”. Esse princípio aponta para a interpretação restritiva de indicadores de prejuízos, e à aprovação de uma atividade, se houver dúvidas a respeito de sua segurança (Kuzma, 2017).

Tal abordagem combina com a valorização da tecnologia e de seus resultados, correspondente a uma visão *bottom-up* da Sustentabilidade.

Kuzma (2017) aponta que a abordagem promocional é a prevalente nos Estados Unidos da América, e a exemplifica com um detalhado estudo da regulação dos organismos geneticamente modificados (OGM) no país.

Segundo ela, um dos critérios vigentes na regulação dessa área das Tecnologias Emergentes, no mencionado país, é estabelecer como objetos de regulação apenas produtos obtidos com

as novas tecnologias, e não os processos de sua obtenção (2017). Percebe-se, assim, a ênfase em resultados, atinente à resposta promocional às incertezas geradas pelas novas tecnologias.

Também vem dessa área a ampla gama de críticas que a autora formulou e recolheu na literatura, acerca da insuficiência do princípio da promoção como resposta às preocupações provocadas pelos OGM, havendo indicativos de alergenicidade, toxicidade e ruptura de ecossistemas (Kuzma, 2017). Kuzma (2017) critica também a distinção entre produtos e processos, desprovida de tem base científica; sendo essencial distinguir os maiores fatores de preocupação quanto a riscos envolvendo tanto uns como os outros.

De qualquer modo, as interações complexas, e potencialmente irreversíveis, das Tecnologias Emergentes com os ecossistemas e com a vida humana, depõem contra a sua abordagem promocional, focada em indicadores específicos e limitados de eventuais danos, examinados sob uma ótica restritiva e viés de aprovação.

O Brasil, de todo modo, claramente abraça a Sustentabilidade *top-down*, centrada na precaução.

Juarez de Freitas assenta que a Sustentabilidade integra o ordenamento constitucional brasileiro enquanto princípio implícito, nos moldes da previsão constante do artigo 5º, parágrafo 2º da Carta de 1988; e que a precaução é parte integrante dela (Freitas, 2016, p. 52 e 53; Lopez, 2010, p. 229).

Cristiane Derani também consigna a ligação estreita entre precaução e Sustentabilidade das atividades humanas, pois, para ela, as práticas econômicas somente serão sustentáveis se houver uma apropriação cuidadosa dos recursos ambientais, e o afastamento do perigo liga-se à segurança das gerações futuras (Derani, 2008, p. 151 e 152).

O princípio da precaução conta, ainda, com previsão expressa em tratados internacionais dos quais o Brasil faz parte. Como exemplos, podem-se citar a Convenção da Diversidade Biológica (Organização das Nações Unidas, 1992a), a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (Organização das Nações Unidas, 1992b), e o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança (Organização das Nações Unidas, 2000). Diversas leis ordinárias brasileiras também o incorporam expressamente, como, por exemplo, do artigo 1º da Lei 11.105/05 (Lei de Biossegurança) (Brasil, 2005), e o artigo 6º, I da Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) (Brasil, 2010). As suas diretrizes espraiam-se ainda por várias outras manifestações do legislador, ainda que não haja menção expressa; como, por exemplo, o Código de Defesa do Consumidor, a Política Nacional do Meio Ambiente e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil<sup>6</sup>.

6 Nesse sentido, vide Ferreira (2014, p. 86, 87 e 89).

Todavia, a Sustentabilidade *top-down*, de embasamento precaucional, não está livre de ambivalências.

Cruz e Ferrer (2015, p. 259 a 261) reconhecem que a tecnologia pode oferecer modelos energéticos mais limpos, com menos resíduos; bem como o seu potencial gerador de riqueza, ao propiciar novos negócios e maior produtividade. As novas tecnologias propiciam a ampliação da capacidade humana de aferir o caráter poluente de algumas práticas (Derani, 2008, p. 168).

O próprio princípio da precaução é, igualmente, passível de críticas.

Para Freitas (2016, p. 164), por exemplo, o excesso de precaução “[...] pode fazer retardar [...] obra vital para o suprimento de energias renováveis. De fato, o excesso de cautela, supostamente em nome da Sustentabilidade, pode ser tão nocivo quanto a falta dela”.

Cass Sunstein (2012, p. 30 a 39) põe em dúvida o desempenho de qualquer função relevante pelo princípio da precaução, nos sistemas jurídicos que o acolheram. Segundo ele, uma visão forte do princípio - a saber, sua atuação a partir de um patamar de mínima plausibilidade científica quanto ao advento de consequências graves para uma determinada decisão - resulta em paralisia, ao inibir todos os cursos possíveis de ação, e até mesmo a inação (Sunstein, 2012, p. 30 a 39).

Em síntese, uma aplicação demasiado estrita da precaução pode turbar o desenvolvimento de ferramentas inovadoras, aptas a gerar impactos positivos nas três dimensões clássicas da Sustentabilidade.

Inobstante as fundadas críticas, certo é que, no cenário jurídico brasileiro, não há base para substituir o princípio da precaução pelo da promoção, ainda que este apresente melhores condições de estimular o desenvolvimento tecnológico. Ainda que a Constituição e os tratados internacionais permitissem, possivelmente isso não seria sequer aconselhável, ante as críticas sofridas pelo princípio promocional, originárias do próprio contexto nos quais é adotado.

No entanto, cabe refletir como seria possível, a partir do princípio da precaução e da Sustentabilidade *top-down*, estabelecer uma ponte em direção à Sustentabilidade *bottom-up* e ao princípio da promoção, de modo a aproveitar as vantagens destes, sem descaracterizar aqueles.

## Precaução Ativa e Responsabilidade Civil

A chave para a construção da ponte, referida na parte final do item anterior, pode centrar-se na leitura contextualizada e ativa da precaução, de modo a nela acomodar facetas sintonizada

com as consequências prováveis e efetivas das decisões tomadas, e com a reiterada necessidade de buscar novas informações a respeito.

Há autores, aliás, que já a concebem desse modo.

Lopez (2010, p. 31, 95 e 96), por exemplo, admite a impossibilidade de eliminação total dos riscos de qualquer atividade, considerando-a uma utopia inatingível. Pragmaticamente, ela afirma que o impedimento completo de novos empreendimentos e tecnologias bloquearia inovações, semearia o pânico e frearia o desenvolvimento social e econômico (Lopez, 2010, p. 31, 95, 96 e 128). Por isso, propõe que a aplicação do princípio da precaução seja examinada no tempo e no espaço, à luz das fontes científicas, políticas, econômicas, éticas e estatísticas (Lopez, 2010, p. 31, 95, 96 e 128).

É possível destacar também, nessa mesma linha, o entendimento de Maria Isabel Troncoso (2010, p. 210 e 218), para quem o princípio da precaução impõe o dever de impedir a realização de certos riscos, mas não impõe apenas uma forma de atuar, e sim obriga a tomar em conta as circunstâncias da situação concreta, como a informação científica, as medidas já existentes e a natureza dos riscos suspeitos, estabelecendo uma avaliação de proporcionalidade entre a eliminação do risco e a restrição à atividade da qual se origina.

Carvalho (2013, p. 232 e 239) também propõe a sensibilização do Direito “[...] aos dados científicos e técnicos disponíveis, às vantagens e ônus decorrentes ou não da imposição das medidas preventivas, bem como a levar em consideração o desenvolvimento econômico e social envolvido”.

Para Phillipe Kourilsky e Geneviève Viney (1999, p. 11), o princípio da precaução não pode significar nem inação nem infinitas deliberações, mas um modo de agir em situações nas quais uma decisão deva ser tomada. Eles propõem que a decisão baseada na precaução incorpore debates técnicos, políticos e sociais sobre os seus objetos, e, mais ainda, uma postura ativa, com a criação de programas de pesquisas que permitam uma permanente reavaliação das posições adotadas (Kourilsky; Viney, 1999, p. 14, 41, 42, 95 e 96).

Essa postura ativa também integra a precaução na visão de Margaret Stebbing (2009, p. 42), para quem o princípio exige a aplicação de esforços para mitigar os potenciais prejuízos detectados nas avaliações técnicas. Mais que vislumbrar consequências, portanto, essa visão da precaução determina atuar sobre elas, modificando os resultados a ser obtidos, com vista a aproveitar as oportunidades que a tecnologia oferta.

Goes e Engelmann (2015) proveem um exemplo interessante da aplicação dessa perspectiva, ao tratarem da proteção à saúde do trabalhador, face à utilização da nanotecnologia.

Esses autores propõem embasar a aplicação do Direito à nanotecnologia em informações providas de diversas fontes em diálogo, inclusive o que denominam de fontes não tradicionais, tais como diretivas emanadas de organismos reguladores sediados em outros Países (como EU-OSHA e NIOSH), de organizações internacionais como a ISO, e em trabalhos e experiências conduzidos em instituições de ensino e pesquisa (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204). Tais instâncias apresentam uma sintonia mais intensa com os desenvolvimentos técnicos e científicos, a literatura e as pesquisas de ponta, e, portanto, são aptas a prover conhecimento para um manejo efetivo do Direito, nessas questões (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204).

Segundo eles, a aplicação inicia-se com uma pré-compreensão do que denominam fatos laborais nanotecnológicos; seguida pela identificação dos princípios constitucionais que devem integrar as respostas jurídicas a serem apresentadas, como a Dignidade da Pessoa Humana e os Valores Sociais do Trabalho; e pela posterior oitiva das “vozes” oriundas das demais fontes aplicáveis, incluindo as não tradicionais. Esse movimento é circular, de modo que o aplicador retorna à sua pré-compreensão e a revê, a partir dos novos conhecimentos adquiridos com as diversas fontes em diálogo (Goes; Engelmann, 2015, p. 196 e 197).

Essa abordagem, que se abebera em resultados bem-sucedidos obtidos em outras instâncias e é intensamente empírica, gira em torno dos valores constitucionais, e é presidida pelo princípio da precaução (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204). Pode ser considerada, assim, um modelo de aplicação sustentável do Direito às Tecnologias Emergentes, ao passo que busca torná-las seguras, sem impedir sua evolução.

A abordagem permite, assim, alcançar a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, baseada tanto em valores, quanto em resultados.

Por sua vez, a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, com a configuração aqui proposta, tem uma relação intensa com a Responsabilidade Civil decorrente de sua produção, manipulação e utilização.

Recorde-se que, como extraído das lições de Goes e Engelmann, as fontes tradicionais do Direito carecem de dinamismo para acompanhar a evolução das Tecnologias Emergentes, e os debates regulatórios ocorrerão *ad hoc*, em casos concretos envolvendo problemas que surgirão nos contextos de utilização dessas tecnologias, enquanto fatos tecnológicos emergentes que demandarão a atenção do Direito em face de sua apresentação ao Estado-juiz. Como aponta Maria Celina Bodin de Moraes (2006, p. 238 e 239), os magistrados são os primeiros a sentir as mudanças sociais e a receber a demanda de tutela de questões novas, pois sua atuação é flexível e acessível à sociedade, antes que as máquinas legislativas ou administrativas possam movimentar-se para oferecer uma resposta legislativa ou regulamentar.

Não raro, a pretensão trazida ao exame do Estado-juiz terá, como objeto, o acionamento do sistema de Responsabilidade Civil, e justamente aqui reside o seu ponto de contato com a Sustentabilidade.

Afinal, em certos casos envolvendo tais tecnologias, a incidência da Responsabilidade Civil não poderá depender da efetiva constatação de um dano, e deverá operar preventivamente.

A esse respeito, Carvalho (2013, p. 232 e 239) recomenda que seja realizada uma avaliação dos interesses econômicos e sociais para decidir-se quanto à aceitabilidade de riscos ambientais, com a sensibilização do Direito “[...] aos dados científicos e técnicos disponíveis, às vantagens e ônus decorrentes ou não da imposição das medidas preventivas, bem como a levar em consideração o desenvolvimento econômico e social envolvido”. Nas palavras dele, a Responsabilidade Civil deverá atuar preventivamente face àqueles riscos [...] cuja probabilidade de sua ocorrência e a magnitude de suas consequências demonstrar a necessidade de imposição de medidas preventivas [...]” (Carvalho, 2013, 239).

Essa avaliação terá como fio condutor, justamente, o princípio da precaução, com o conteúdo ativo e contextualizado referido acima. O caráter da sua aplicação dependerá da dialética entre o conhecimento técnico disponível acerca do risco e de sua percepção social, assim como da importância atribuída aos bens jurídicos envolvidos em cada curso de ação (Kirtschig, 2021, p. 120).

Constatado, eventualmente, que haja exposição de bens jurídicos a riscos injustos, justifica-se a necessidade de imputação de medidas de gestão de risco ao potencial autor da lesão, “[...] a fim de evitar que ocorra dano, ainda que não haja certeza a respeito de sua efetiva ocorrência futura, ou da ocasião em que ela se dará” (Kirtschig, 2021, p. 119).

A aludida justificação dá-se em razão da importância dos bens, examinada à luz da situação concreta e dos bens a eles contrapostos, aqui incluídos os eventuais benefícios auferidos a partir das tecnologias utilizadas; e também “[...] em decorrência da intolerabilidade do dano potencial [...] considerando-se sua irreversibilidade, gravidade e probabilidade, a partir do conhecimento científico disponível, das percepções e comunicações sociais, econômicas e políticas, e das medidas adotadas para seu enfrentamento (Kirtschig, 2021, p. 120).

A faceta preventiva da Responsabilidade Civil, desse modo, assegura que as Tecnologias Emergentes sejam sustentáveis econômica, social e ambientalmente; já que seu acionamento pode consistir na primeira, ou quiçá única, oportunidade de evitar prejuízos irreversíveis com repercussões em todas essas esferas, e de deflagrar a operação do princípio da precaução em sua dimensão ativa, possibilitando ao Estado-juiz efetuar o diálogo de fontes apto a construir

o Direito aplicável a cada fato tecnológico emergente concreto, em seu contexto e em sua dinâmica.

## Considerações Finais

À guisa de considerações finais, insta novamente destacar que o arcabouço constitucional brasileiro impõe que a produção, exploração, uso e manipulação de Tecnologias Emergentes, aí incluídas as nanotecnologias, seja realizada de forma sustentável.

Essa exigência, porém, seguidamente aponta para condutas distintas, já que tanto a liberação total quanto a plena proibição de tais tecnologias esbarra em valores constitucionalmente protegidos e, portanto, em Direitos Fundamentais.

A Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, portanto, é inseparável de dimensões tanto precaucionais quanto promocionais, dando-se prevalência à primeira, sem, porém, descurar totalmente da última.

Para tanto, é essencial que se proceda a uma leitura ativa e contextualizada do sentido do princípio informador da Sustentabilidade na sistemática constitucional brasileira, o princípio da precaução; de modo que, ao aplicá-lo, o Direito possa atrair à sua esfera de consideração todo o contexto fático de sua aplicação; as medidas preventivas já desenvolvidas; o estado da arte do desenvolvimento científico e tecnológico relativo tanto aos benefícios da tecnologia discutida, quanto às consequências de seu uso; e às providências possíveis para afastar os cenários mais drásticos; assim como outros dados do panorama social, cultural e econômico envolvendo essa tecnologia.

Mais: deve-se ler o princípio da precaução também como princípio promotor. Sua carga promocional volta-se à continuidade e aprofundamento das pesquisas na área sob escrutínio, de modo que cada decisão adotada seja dotada de caráter *rebus sic standibus*.

A Responsabilidade Civil tem relação intensa com essa sistemática.

Em sua faceta preventiva, ela será desdobrada sempre que a probabilidade do dano e a magnitude das consequências potenciais afaste a sua atuação meramente reparadora; e, nesse diapasão, acionará precisamente o princípio da precaução com o caráter ativo, que informa a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes.

Em decorrência da freqüente assincronia dos debates regulatórios, dotados de maior generalidade e abstração, com o desenvolvimento das Tecnologias Emergentes, não raro o acionamento da Responsabilidade Civil preventiva será a primeira, ou única, oportunidade de aplicar

o Direito para tornar sustentável a produção, manipulação ou uso concreto de uma Tecnologia Emergente em um contexto específico.

O Ministério Público do Trabalho é um ator chave, posicionado para o desdobramento da Ação Civil Pública para a construção da regulação ad hoc, a partir da imposição de medidas de gestão de riscos, proteção à saúde do trabalhador, e aprofundamento das pesquisas necessárias à compreensão do fato tecnológico emergente, em sua totalidade.

## Referências Bibliográficas

BOSELDMANN, Klaus. **O princípio da sustentabilidade**. Transformando direito e governança. Tradução de Phillip Gil França. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. Título original: *The principle of sustainability: transforming law and governance*.

BOTTOM LINE. **Cambridge Dictionary**. Disponível em < <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/bottom-line>>

BRASIL. **Decreto 5705** (2006). Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5705.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5705.htm)>

BRASIL. **Lei 11.105** (2005). Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm)>

BRASIL. **Lei 12.305** (2010). Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm) >

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O princípio da sustentabilidade como princípio estruturante do direito constitucional. **Revista de Estudos Politécnicos** - Polytechnical Studies Review, Barcelos, v. III, n. 13, p. 7 a 18, jun. 2010. Disponível em < [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1645-99112010000100002](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-99112010000100002)>

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**. A responsabilização civil pelo risco ambiental. 2. ed. rev. atual. e amp. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, sustentabilidade e a premissa tecnológica como ampliação de seus fundamentos. **Seqüência**, Florianópolis, n. 71, p. 239 a 278, dez.2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2015v36n71p239>>

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 162.

DURANT, Robert F. Introduction. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Introdução.

DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary. Reconceptualizing Purpose. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Seção I.

DWORKIN, Ronald. **Justice for Hedgehogs**. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

FERREIRA, Keila Pacheco. **Responsabilidade Civil Preventiva**. Função, Pressupostos e Aplicabilidade. 2014. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade de São Paulo. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2131/tde-27102016-092601/pt-br.php>>

FIORINO, Daniel J. Regulatory Innovation and Change. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 9º.

FREITAS, Juarez de. **Sustentabilidade**. Direito ao futuro. Belo Horizonte: Forum, 2016.

GOES, Maurício de Carvalho; ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

HERMITTE, Marie-Angèle. A fundação jurídica de uma sociedade das ciências e das técnicas através das crises e dos riscos. *In*: VARELLA, Marcelo Dias (org). **Direito, sociedade e riscos: a sociedade contemporânea vista a partir da ideia de risco**. Brasília: UniCEUB, 2006, p. 7 a 29.

KIRTSCHIG, Guilherme. **Responsabilidade Civil Preventiva e Meio Ambiente de Trabalho**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2021

KOURILSKY, Phillippe; VINEY, Geneviève. **Le Principe de Précaution**. Rapport au Premier Ministre. Paris, 1999. Disponível em <<https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/004000402.pdf>>

MORAES, Maria Celina Bodin de. A constitucionalização do direito civil e seus efeitos sobre a responsabilidade civil. **Revista Direito, Estado e Sociedade** (Rio de Janeiro), v. 9, n. 29, jul/ dez 2006, p. 233 a 258.

KRAFT, Michael. Sustainability and Environmental Policy. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Chal-

lenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 2º.

KUZMA, Jennifer. Risk, Environmental Governance and Emerging Biotechnology. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Re-considered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 7º.

LOPEZ, Teresa Ancona. **Princípio da precaução e evolução da responsabilidade civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

LUTHER, Wolfgang. **Bottom-up Methods for Making Nanotechnology Products**. Disponível em: <<http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1079#>>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Convention on Biological Diversity** (1992). Disponível em <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ah-UKEwja26TikNznAhU4HLkGHQWxBmwQFjABegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.cbd.int%2Fdoc%2Flegal%2Fcbd-en.pdf&usq=AOvVaw0Qz6d9-4rfVn0CvzOKNEpg>>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Framework Convention on Climate Change** (1992). Disponível em <[https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)> acesso em 5.dez.2020. Para internalização, vide BRASIL. **Decreto 2519** (1998). Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2519.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm)>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity**. (2000). Disponível em <<https://bch.cbd.int/protocol/text/>>

PAEHLKE, Robert. Sustainability as a Bridging Concept. **Conservation Biology**, Washington DC, v. 19, n. 1, p. 36 a 38, fev. 2005.

PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da Pesquisa Jurídica**- Teoria e Prática. 14.ed.rev.atual. amp.Fpolis: EMais, 2018.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. Volume I. Curitiba: Alteridade, 2019.

PORTO, Marcelo Firpo. Riscos, incertezas e vulnerabilidades: transgênicos e os desafios para a ciência e a governança. **Revista Política e Sociedade**, Florianópolis, v. 4, n. 7, p. 77 a 103, out.2005.

POSNER, Richard. **Direito, Pragmatismo e Democracia**. Tradução de Teresa Dias Carneiro. Rio de Janeiro: Forense, 2010. Título original: *Law, Pragmatism and Democracy*.

RIFKIN, Jeremy. **La civilización empática**. La carrera hacia una conciencia global en un mundo en crisis. Tradução de Genís Sánchez Barberán e Vanesa Casanova. Barcelona: Paidós, 2010. Título original: *The Empatic Civilization. The Race to Global Consciousness in a World in Crisis*.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016. Título original: *The fourth industrial revolution*.

SILVA, Guilherme Frederico Bernardo Lenz e. **Nanotecnologia**: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica. 2008. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Minas Gerais. p. 10 a 12. Disponível em <<https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-44091/nanotecnologia--avaliacao-e-analise-dos-possiveis-impactos-a-saude-ocupacional-e-seguranca-do-trabalhador-do-manuseio-sintese-e-incorporacao-de-nanomateriais-em-compositos-refratarios-de-matriz-ceram>>

STEBBING, Margaret. Avoiding the trust deficit: public engagement, values, the precautionary principle and the future of nanotechnology. **Bioethical Inquiry**, Sydney, v. 6, n. 1, p. 37 a 48, mar. 2009. p. 37 a 48. Disponível em <[http://www.academia.edu/attachments/48727676/download\\_file?st=MTU0MjExMzU0MSwyMDAuMTQyLjMuMjQ1&s=swp-splash-paper-cover](http://www.academia.edu/attachments/48727676/download_file?st=MTU0MjExMzU0MSwyMDAuMTQyLjMuMjQ1&s=swp-splash-paper-cover)>

SUNSTEIN, Cass. Para além do princípio da precaução. Tradução de Letícia Garcia Ribeiro Dyniewicz, Luciana Rampato Schiena e Michelle Durieux Lopes Destri. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 259, p. 11 a 71, jan/abr de 2012. Título original: *Beyond the Precautionary Principle*.

TRONCOSO, María Isabel. El principio de precaución y la responsabilidad civil. **Revista de Derecho Privado**, Bogotá, n. 18, p. 205 a 220, 2010.

## 6. CONTRIBUIÇÕES DA CGTH-MCTI PARA O MANUAL DE ATUAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EM NANOTECNOLOGIA, DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO (MPT)

**Dr. Felipe Bellucci<sup>1</sup>**

**Demanda:** O GT NANOTECNOLOGIA: IMPACTOS NA SAÚDE E NA SEGURANÇA DO TRABALHADOR realiza convite ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para fins de participação com elaboração de texto sobre a atuação do MCTI no campo da nanotecnologia e materiais avançados, principalmente em termos de políticas públicas de educação científica, fomento e inovação, observados os parâmetros de sustentabilidade ambiental em todas as suas dimensões.

Sugere-se ainda que se faça menção a todo o SISNANO, em seus laboratórios de pesquisa (por exemplo, este Procurador já pôde visitar, constatando a excelência de todos, os seguintes laboratórios de pesquisa, USP SÃO CARLOS, CT NANO UFMG, IPT SP, LABORATÓRIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA CNPEM), bem como trazer relatos de práticas de nanosseguurança ou mesmo produtos e serviços de nanotecnologia (seja em projeto de pesquisa científica, seja já patentado ou comercializado).

### **Duas décadas de Políticas Públicas do Ministério da Ciência, Tecnologia nas áreas de Nanotecnologia e Materiais Avançados**

<sup>1</sup> Coordenador-Geral de Tecnologias Habilitadoras. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

## Contexto da área de Nanotecnologia e Materiais Avançados no Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Criada em 2003, a Coordenação-Geral de Tecnologias Habilitadoras (CGTH), da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC), do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) completa 20 anos contribuindo na aceleração do desenvolvimento das tecnologias habilitadoras no Brasil. Sua reconhecida atuação nas áreas de Nanotecnologia, Materiais Avançados e Fotônica, caracteriza-se pela formulação e implementação de Políticas Públicas dirigidas à pesquisa básica e aplicada, formação e capacitação de capital humano especializado, desenvolvimento tecnológico, alianças internacionais, infraestrutura, inovação, empreendedorismo e geração de novos negócios de base tecnológica. Com seu corpo de servidores públicos altamente qualificado e em parceria com atores relevantes do ecossistema nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em particular CNPq e FINEP, articulou inúmeras Políticas Públicas, destacando-se: (i) a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN); (ii) o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO-MCTI); (iii) a implementação do Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano-CNPEM); (iv) o Programa de Pesquisa Regulatória em Nanotecnologia; (v) o Programa de Inovação em Grafeno (InovaGrafeno-MCTI); (vi) a Política de CTI em Materiais Avançados; (vii) a Iniciativa Brasileira de Fotônica (IBFóton); e (viii) o Sistema Nacional de Laboratórios de Fotônica (SisFóton-MCTI). Em 2023, a Coordenação-Geral de Tecnologias Habilitadoras (CGTH) foi agraciada com a “Menção Especial de Agradecimento”, outorgada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por suas contribuições para a Ciência, Tecnologia e Inovação no país.

## Importância da nanotecnologia e dos materiais avançados

Nanotecnologia é um campo científico-tecnológico transversal, disruptivo e pervasivo, dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala ( $1,0 \times 10^{-9} \text{m}$ , que equivale a 1 bilionésimo do metro). Materiais que possuem pelo menos uma de suas dimensões em tamanho nanométrico podem apresentar novas propriedades e características diferenciadas, passivas de serem exploradas para diversas aplicações tecnológicas. Dentre os exemplos mais comuns de nanomateriais estão as nanopartículas, nanomembranas, nanotubos de carbono, fulerenos, dentre outros.

A Nanotecnologia está presente em nossas vidas desde seu início, ligada intimamente ao funcionamento dos organismos e parte essencial do ferramental da natureza para criar toda sua diversidade. As estruturas celulares são compostas e controladas por nanoestruturas. A principal forma de montagem molecular da nanoescala é a automontagem, um processo natural onde componentes, separados ou ligados espontaneamente, formam estruturas maiores. O material que compõe as estruturas celulares, como proteínas, enzimas e o próprio DNA, é um elemento natural automontado em tamanho nanométrico. Entender e aplicar a visão que valoriza os processos naturais sempre beneficiou a humanidade, e é dessa forma que a progressão da Nanotecnologia deve ser focada.

A Nanotecnologia é considerada, em termos de soberania nacional, não só pelo Brasil, mas também pelas maiores nações e blocos econômicos mundiais (EUA, Coreia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China), uma tecnologia estratégica e, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), uma das bases das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, responsável em moldar a próxima revolução industrial e trazer impactos positivos para o desenvolvimento social e econômico mundial. Desta forma, acomoda facilmente todas as áreas do mundo dos negócios. As novas propriedades dos nanomateriais, conquistadas a partir do entendimento e da utilização da nanotecnologia, revolucionam não somente os produtos, mas também os bens de capital – as máquinas para produção – e a prestação de serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis.

Os materiais Avançados, ou Novos Materiais, referem-se aos materiais que, devido às suas propriedades intrínsecas ou aos processos tecnológicos de preparação, possuem a potencialidade de gerar novos produtos, soluções e processos inovadores de elevado valor tecnológico, econômico, social e ambiental, de elevar o desempenho, durabilidade, de agregar valor ou de introduzir novas funcionalidades em produtos e processos tradicionais.

De característica inovadora e diversas vezes disruptivas, os Materiais Avançados impactam diretamente múltiplos setores da economia global: energia, defesa nacional e segurança pública, transporte, mobilidade, aeroespacial, meio ambiente, alimentício, recursos naturais minerais e biológicos, saúde e outros. Além disso, pela agregação de valor, redução de custos e massificação de soluções tecnológicas, podem contribuir significativamente para a superação de problemas sociais no Brasil, como o baixo acesso à água potável, saneamento básico inadequado, subnutrição, saúde, etc.

Os setores empresarial e industrial se concentram na pesquisa, desenvolvimento e utilização de Materiais Avançados com o intuito de disponibilizarem melhores produtos e soluções no mercado, maximizando a relação investimento/retorno. O investimento privado em novas tecnologias, dentre elas os materiais avançados, visa majoritariamente a criação e manutenção

de vantagens competitivas, como: (i) custos reduzidos e maior rentabilidade; (ii) sustentabilidade e impacto ambiental; (iii) aumento da satisfação e fidelidade do cliente; (iv) conformidade regulatória; (v) competitividade e diferencial de mercado; entre outras.

Visando orientar as ações em nanotecnologia e materiais avançados, foram elaborados Planos de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação, para cada uma das áreas, contendo um conjunto de desafios, metas, ações e estratégias de implementação para o período compreendido entre os anos de 2019 até 2022, cujas principais ações estão apresentadas nesta Nota Técnica. As ações desses Planos buscaram contribuir para a superação dos desafios nacionais para a CT&I previstos na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti 2016-2023), favorecer o alcance dos principais Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS), potencializar a utilização das vantagens e oportunidades competitivas do país e alavancar o desenvolvimento econômico e social, de forma segura e sustentável.

## **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN)**

No Brasil, existe um ecossistema que engloba tanto o setor público como o privado, que vem sendo fomentado ao longo de 20 anos, iniciando-se com a criação do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, em 2003; incrementado com o Plano Nacional de Nanotecnologia, em 2005 e, atualmente, fortalecido com a criação da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), lançada em 2013 e institucionalizada pela Portaria MCTI nº 3.459, de 26 de junho de 2019. Destaca-se que a IBN foi instituída como Política Nacional para o Desenvolvimento da Nanotecnologia.

A Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) foi instituída com o objetivo de “criar, integrar e fortalecer ações governamentais para promover o desenvolvimento científico e tecnológico da nanotecnologia, com foco na promoção da inovação na indústria brasileira e na prosperidade econômica e social”. No âmbito da IBN diversas ações vêm sendo realizadas, com destaque para o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO); as redes de Centros de Inovação em Nanotecnologia (SibratecNANO); as ações voltadas para questões regulatórias, como a participação brasileira no NANoREG e o projeto de certificação de nanoprodutos; a criação do Programa de Inovação em Grafeno (InovaGrafeno-MCTI); as ações de cooperação internacional, em especial com a Argentina e com a China; dentre outras.

Nos últimos 4 anos, cerca de R\$ 465 milhões foram investidos, com apoio e articulação do MCTI, para apoio à nanotecnologia e materiais avançados. Vale destacar que tal investimento foi possível, em sua maior parte, graças aos recursos disponibilizados no âmbito do FNDCT, demonstrando a importância desse Fundo para o apoio à ciência e tecnologia no País. Cabe mencionar que a Lista de Alto Risco na Administração Pública Federal elaborada pelo Tribunal

de Contas da União, em 2022, apontou que o retorno do investimento público em pesquisa é 3 a 8 vezes o valor investido. Tal informação está em consonância com o Estudo “Value of Research Policy Paper by the Research, Innovation, and Science Policy Experts (RISE)” disponibilizado pela Comissão Europeia: “de acordo com a maioria dos estudos, o valor geral gerado pela pesquisa pública é entre três e oito vezes o investimento inicial ao longo de todo o ciclo de vida dos efeitos; e quando calculados em termos de taxas de rentabilidade anuais, os valores medianos situam-se no intervalo entre 20% e 50%”.

## **Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados**

Por meio do Decreto Presidencial nº 10.746/2021, foi instituída a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados, com a finalidade de orientar o planejamento, as ações e as atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico, inovação e empreendedorismo na cadeia de valor de materiais avançados no País, com vistas à agregação de valor em produtos, serviços e processos para a promoção do desenvolvimento social e econômico. Tal iniciativa teve grande articulação do MCTI, diante da importância do tema para o desenvolvimento científico e tecnológico do país.

Os objetivos gerais da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados estão definidas no Art. 6º do citado Decreto: i) fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação tecnológica em Materiais Avançados; ii) estimular o empreendedorismo de base tecnológica em Materiais Avançados; iii) promover o domínio das tecnologias envolvidas na cadeia de valor associada aos minerais e à biomassa para a produção de Materiais Avançados; iv) incentivar a capacitação, a formação e a fixação de recursos humanos especializados; v) promover a criação, a ampliação e a modernização de infraestruturas necessárias à cadeia de valor de Materiais Avançados; vi) fortalecer a cooperação internacional na qualidade de agente acelerador do desenvolvimento setorial; e, vii) promover a sua integração e a sua transversalidade com as políticas públicas setoriais.

Os grandes temas estratégicos para as ações do Estado Brasileiro de apoio ao desenvolvimento da área de Materiais Avançados, são: i) desenvolvimento da Cadeia produtiva de matéria prima (insumos) de maior valor agregado; ii) métodos avançados de caracterização e síntese de Materiais Avançados (materiais sustentáveis); iii) Saúde, Saneamento e Meio Ambiente em especial os biomateriais; iv) Defesa Nacional e Segurança Pública; v) Energia, Eficiência e Transição Energética para as Energias Limpas e Mobilidade (automotiva, aeroaviária, ferroviária).

ria); vi) Tecnologia Assistiva; vii) Agricultura, Pecuária e Segurança Alimentar; viii) Bioeconomia e Economia Circular (biomassa, mineração urbana, análise de ciclo de vida, química verde, substituição de materiais por novos materiais renováveis e biodegradáveis); ix) Tecnologias Digitais para a Descoberta e Caracterização Inteligentes de Materiais Avançados Aplicados às TICs e Computação Quântica (Material Informatics); x) Micro e nanofabricação; xi) Aspectos regulatórios de segurança (safety by design); xii) Escalonamento de nanomateriais e Materiais Avançados; e, xiii) Mapeamento Geológico Marinho (blue mining).

Considerando os Princípios, Diretrizes, Finalidade, Objetivos, Iniciativas e Determinações da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados, associada à legislação e instrumentos normativos: Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (ENDES – 2019-2031), Plano Plurianual (PPA - 2020-2023), Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS, Agenda ONU-2030), e o planejamento estratégico do MCTI para o período 2020-2030, foi elaborado o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Materiais Avançados (PCTIMA), com vigência de quatro anos e cenários para os próximos vinte anos, tendo por objetivos gerais:

Apoiar e propor estratégias e instrumentos executivos complementares para o aprimoramento da governança das ações da Política Nacional de Inovação em Materiais Avançados “vis a vis” a Estratégia Nacional de Inovação (ENI).

Desenvolver competências em ciência, tecnologia, empreendedorismo e inovação, centradas na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema de Nanotecnologia, Materiais Avançados, criando e nutrindo um ambiente de colaboração entre a indústria e a academia.

Dentre os objetivos e eixos estratégicos do PCTIMA, está a formação de capital humano especializado em materiais avançados; o estímulo a inovação e ao empreendedorismo de base tecnológica; o aprimoramento da interação entre os atores do SNCTI, inclusive no que se refere à transferência de tecnologia; a integração e fortalecimento de outros programas e iniciativas; o fortalecimento das ações de cooperação internacional; dentre outros.

## **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO-MCTI)**

O Programa SisNANO, um dos principais eixos estruturantes da IBN, é formado por um conjunto de laboratórios direcionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação (PD&I) em nanociências e nanotecnologias, tendo como característica essencial o caráter multiusuá-

rio e de acesso aberto a instituições públicas e privadas, mediante submissão de propostas de projetos de PD&I ou de requisição de serviços.

O SisNANO foi instituído pela Portaria MCTIC nº 245, de 5 de abril de 2012, que foi alterada pela Portaria MCTIC nº 2.376, de 16 de maio de 2019, e é atualmente regulamentado pela Instrução Normativa nº 11, de 2 de agosto de 2019. Dentre os objetivos do SisNANO vale destacar o fortalecimento do SNCTI por meio de investimentos em laboratórios multiusuários, com acesso aberto a pesquisadores e empresas, assim como a melhoria da infraestrutura laboratorial para PD&I em nanotecnologias, além de apoiar ao processo de regulação e regulamentação da nanotecnologia e de produtos nanotecnológicos.

Na primeira fase do SisNANO, iniciada em 2013, foram selecionados 26 laboratórios que receberam, ao longo de 6 anos, aproximadamente, R\$ 88 milhões de recursos do MCTI e do FNDCT, com o objetivo de melhorar a infraestrutura laboratorial, garantir o custeio de materiais, viabilizar a realização de reuniões e participação em eventos envolvendo nanotecnologias, e para garantir a manutenção do corpo técnico-científico qualificado para o desenvolvimento das missões dos laboratórios e para viabilizar o funcionamento dos laboratórios de maneira aberta, atendendo usuários e instituições dos setores públicos e privados.

A primeira fase do Programa foi encerrada em 2018 e, além da disponibilização da infraestrutura laboratorial a usuários públicos e privados, foram desenvolvidos mais de 200 projetos em parceria com ICTs e com empresas, que somam mais de R\$ 120 milhões de recursos de outras fontes, como FINEP, BNDES, EMBRAPII, Sibratec; foram arrecadados, com a prestação de serviços, cerca de R\$ 6 milhões que foram revertidos para manutenção dos laboratórios e financiamento de projetos; foram adquiridos cerca de 300 equipamentos com recursos de capital disponibilizados no âmbito do SisNANO; foram depositadas 180 patentes envolvendo nanotecnologias pelas instituições integrantes do SisNANO desde o início do Programa; além de terem sido apoiados com recursos do SisNANO, em média anual, 105 bolsistas que deram suporte técnico e científico aos usuários dos laboratórios, contribuindo também para a capacitação de recursos humanos na área.

Atualmente o SisNANO está em sua 2ª fase (2019-2023), cuja seleção dos laboratórios foi realizada por meio da Chamada Pública CNPq/MCTIC nº 18, lançada em agosto de 2019. No total, 64 propostas, de 57 instituições, foram submetidas à referida Chamada Pública, tendo sido aprovadas 23. Atualmente, existem laboratórios do SisNANO distribuídos por todas as 5 regiões geográficas do país.

Os 23 laboratórios que integram a 2ª fase do SisNANO (Figura 1) estão divididos em 3 categorias:

**Laboratórios Estratégicos:** laboratórios vinculados diretamente ao Governo Federal e que devem disponibilizar no mínimo 50% (cinquenta por cento) do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados. São eles:

- (I) Centro de Caracterização em Nanotecnologia em Materiais e Catálise, do Instituto Nacional de Tecnologia (CENANO/INT);
- (II) Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI Nano/CTI Renato Archer);
- (III) Laboratório Estratégico de Nanometrologia, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO);
- (IV) Laboratório Nacional de Nanotecnologia Aplicada às áreas Nuclear e Correlatadas, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Nuclear-Nano/CNEN);
- (V) Laboratório Nacional de Nanotecnologia, do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (LNNano/CNPEM);
- (VI) Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (LNNa/EMBRAPA);
- (VII) Laboratório Multiusuário de Nanociências e Nanotecnologia, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (LABNANO/CBPF);
- (VIII) Laboratórios Multiusuários de Nanotecnologia, do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (LMNAN/CETENE).

**Laboratórios Associados:** laboratórios vinculados a Universidades ou Institutos de Pesquisa, Desenvolvimento e/ou Inovação e que devem disponibilizar no mínimo 20% (vinte por cento) do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados;

- (I) Laboratório NanoSul, da Universidade Federal do Rio Grande (NanoSul/FURG);
- (II) Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas, da Universidade Federal de Santa Catarina (LINDEN/UFSC);
- (III) Laboratório Central de Nanotecnologia, da Universidade Federal do Paraná (LCNano/UFPR);
- (IV) Rede de Laboratórios em Bionanomanufatura e Materiais, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BIONANO/IPT);

(V) SisNANO-USP: Nanotecnologias em saúde, meio ambiente e energia, da Universidade de São Paulo (USP);

(VI) Laboratório de nanobiotecnologia para estudos pré-clínicos, do Hospital Israelita Albert Einstein;

(VII) Centro de Componentes Semicondutores e Nanotecnologias, da Universidade Estadual de Campinas (CCSNano/UNICAMP);

(VIII) Laboratório de Nanobiotecnologia, da Universidade Federal de Uberlândia (NANOS/UFU);

(IX) Laboratório Associado de Nanotecnologia, da Universidade Federal de Minas Gerais (LANANO-UFMG);

(X) Sistema de Laboratórios de Suporte e Pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia, da Universidade Federal de Goiás (SLNano/UFG);

(XI) Central Analítica, da Universidade Federal do Ceará (CA/UFC);

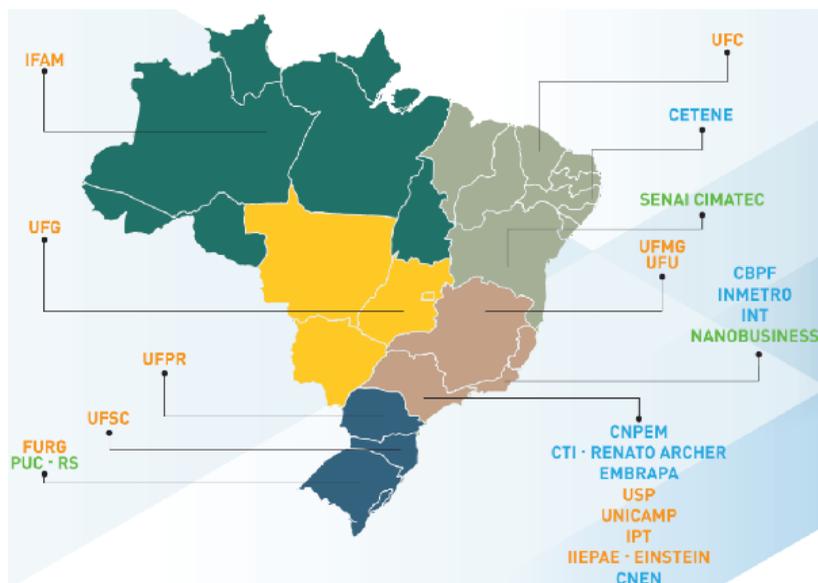
(XII) Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (LSCN/IFAM)

**Parceiros Estratégicos:** laboratórios ou Institutos privados que devem disponibilizar no mínimo 10% (dez por cento) do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados

(I) Plataforma Aberta CIMATEC Nano, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI CIMATEC);

(II) Centro Interdisciplinar de Nanociência e Micro-Nanotecnologia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (NanoPUCRS);

(III) NanoBusiness Informação e Inovação Ltda.



**Legenda:** Mapa do Brasil indicando a localização geográfica dos 23 laboratórios integrantes da 2ª fase do SisNANO - em azul, os Laboratórios Estratégicos; em laranja, os Laboratórios Associados e, em verde, os Parceiros Estratégicos. Fonte: folder SisNANO 2ª fase.

O Programa foi aprimorado com base na experiência adquirida na 1ª fase do SisNANO, cujos resultados estão apresentados no formato de e-book, disponível no site do MCTI. A 2ª fase do Programa tem como foco principalmente promover o desenvolvimento tecnológico e a realização de projetos em parceria com empresas, sempre mantendo a característica essencial do SisNANO que é a disponibilização de infraestrutura laboratorial multiusuária e de acesso aberto.

Com vistas ao melhor acompanhamento do desempenho dos laboratórios, foram estabelecidos indicadores que versam sobre a realização de projetos em cooperação com empresas, projetos em cooperação internacional, realização de eventos, promoção de iniciativas para formação e/ou capacitação de recursos humanos, promoção de ações para divulgação da nanotecnologia para a sociedade em geral e promoção/participação em eventos de interação com o setor produtivo.

O acompanhamento das atividades dos laboratórios do SisNANO é realizado principalmente por meio do acompanhamento orçamentário e financeiro junto ao CNPq e do encaminhamento de Relatórios Anuais pelos coordenadores dos laboratórios. Com base nas informações apresentadas nos relatórios referentes aos anos de 2020 a 2022, pode-se destacar os seguintes resultados alcançados até o final de 2022:

(I) Cinquenta e nove (59) bolsistas contratados no âmbito do SisNANO em 2020 e 83, em 2021, e 61 em 2022 (17 laboratórios com recursos em bolsas). A maioria dos bolsistas foram contratados com bolsas de longo prazo, contribuindo de fato para a formação de profissionais na área de nanotecnologia;

(II) Promoção e/ou participação de/em aproximadamente 284 ações voltadas para divulgação e capacitação de recursos humanos, que incluem realização/participação de/em workshops, seminários, cursos e eventos em geral;

(III) Realização de cerca de 136 ações de interação com setores econômicos que incluem, em sua maioria, reuniões e eventos para apresentação e prospecção de projetos cooperativos e identificação de oportunidades de parceria com empresas;

(IV) Aproximadamente 680 atendimentos a empresas, seja por meio de parceria ou por prestação de serviços, o que representa um aumento de cerca de 93% no número de projetos com empresas em relação a 2019, conforme informado pelos Laboratórios integrantes do SisNANO;

(V) Desenvolvimento, pelos Laboratórios integrantes do SisNANO, de 139 projetos em cooperação internacional, o que representa um aumento de cerca de 54% no número de projetos em cooperação em andamento em 2019;

(VI) Depósitos, entre 2020 a 2022, de 163 pedidos de patentes, envolvendo nanotecnologias, com participação dos laboratórios do SisNANO;

(VII) Mais de R\$ 470 milhões de recursos adicionais levantados pelos laboratórios, por meio da participação em editais de fomento, parceria com empresas, entre outros;

(VIII) Laboratórios do SisNANO participam de 03 INCTs aprovados na última Chamada do CNPq para seleção de novos Institutos;

(IX) Participação de laboratórios do SisNANO no desenvolvimento de vacinas contra o vírus da COVID-19, assim como no desenvolvimento de técnicas e equipamentos para detecção precoce do vírus; e

(X) Diversos laboratórios foram credenciados como unidades EMBRAPPII.

Ainda, o acompanhamento das atividades também vem sendo realizado por meio de reuniões e eventos. Em 2020, quando de fato se iniciou a execução dos projetos, foi realizado o 1º Workshop do SisNANO, que aconteceu de maneira virtual em virtude da pandemia de COVID-19, para apresentação dos laboratórios e alinhamento das expectativas para a 2ª fase do Programa. O segundo encontro do SisNANO aconteceu no primeiro semestre de 2022, na

forma de reunião de trabalho. Já em maio de 2023 foi realizado, em parceria com a equipe do LNNano/CNPEM, o primeiro Workshop presencial do SisNANO, ocasião em que foi discutido o andamento dos projetos, além de ter sido uma ótima oportunidade para troca de experiências e formação de novas parcerias entre os laboratórios integrantes.

Por fim, é importante destacar que o SisNANO é uma das principais ações estratégicas do MCTI para apoiar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação envolvendo nanotecnologias e é uma iniciativa aderente aos objetivos estratégicos do MCTI, além de se relacionar com diversas diretrizes definidas para a próxima Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2023-2030), definidas na Portaria MCTI nº 6.998, de 10 de maio de 2023.

## **Programa de Inovação em Grafeno (InovaGrafeno-MCTI)**

Por meio da Portaria MCTI nº 4.964, de 9 de julho de 2021, foi lançado o Programa de Inovação em Grafeno (InovaGrafeno-MCTI) que é um dos programas estratégicos e estruturantes da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), funcionando como vetor nacional para o desenvolvimento do grafeno e da próxima geração dos materiais 2D à base de carbono.

Em 2022, no âmbito do InovaGrafeno-MCTI, foi lançada a Chamada Pública CNPq/MCTI/FNDCT nº 22/2022, no valor de R\$ 20 milhões, com objetivo de apoiar a realização de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação e a implementação de iniciativas de aplicação na sociedade de soluções tecnológicas e empresariais utilizando o Grafeno e materiais 2D à base de carbono. Foram recebidas 145 propostas e, conforme resultado final, 22 projetos foram aprovados para a Linha 1 (pesquisa básica e aplicada com nível de maturidade tecnológica (TRL) entre 1 e 3, realizada por Instituições de Ciência e Tecnologia - ICT); 06 projetos para a Linha 2 (desenvolvimento de projetos com TRL entre 4 e 7, realizado por ICTs obrigatoriamente com empresas de qualquer porte e, no mínimo, 5 anos de constituição); e 06 projetos para a Linha 3 (Geração de Startups em DeepTech: criação de empresas nascentes de base tecnológica (startups), conforme o Marco Legal das Startups (Lei Complementar nº 182, de 1º de junho de 2021), incluindo Ideação, Modelo de Negócio, Produto Mínimo Viável (MVP) e Provas de Conceito (Proof of Concept – POC).

## Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT)

Os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) surgiram do aprimoramento dos Institutos do Milênio, que foi uma iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia executada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, visando ampliar as opções de financiamento de projetos mais abrangentes e relevantes de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico. O Programa Institutos do Milênio, lançado em 2005 por meio de Chamada Pública do CNPq, destinava-se a promover a formação de redes de pesquisa em todo o território nacional em busca da excelência científica e tecnológica em qualquer área do conhecimento, assim como em áreas priorizadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. O resultado esperado do Programa Institutos do Milênio foi o incremento substancial nos padrões de excelência e produtividade da ciência e tecnologia brasileiras bem como a sua inserção mais competitiva e integrada no cenário internacional, o que foi alcançado com base nos resultados dos projetos aprovados naquela chamada.

O Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia foi aprovado em substituição ao Programa Institutos do Milênio, por meio da Portaria MCT nº 429, de 17/07/2008, e reeditado em 2014, pela Portaria MCTI nº 577, de 04/06/2014. O art. 2º da Portaria de reedição define que, in verbis:

Art. 2º Os Institutos Nacionais serão formados a partir de uma instituição sede, caracterizada pela excelência de sua produção científica e/ou tecnológica, alta qualificação na formação de recursos humanos e com capacidade de alavancar recursos de outras fontes, e por um conjunto de laboratórios ou grupos associados de outras instituições, articulados na forma de redes científico-tecnológicas que devem incluir pesquisadores de grupos em novos campi universitários, e/ou em instituições em regiões menos favorecidas.

Os Institutos Nacionais ocupam posição estratégica no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SINCTI), tanto pela sua característica de ter um foco temático em uma área de conhecimento, para desenvolvimento no longo prazo, como pela complexidade de sua organização e de porte do financiamento. Com tudo isso, o Governo Federal promove o incremento nos padrões de excelência e produtividade da ciência e tecnologia brasileiras; aprimora a inserção no cenário internacional e a transferência de conhecimento para o setor empresarial e para a sociedade; promove a participação mais equilibrada das diferentes regiões do país no esforço produtivo; e gera riqueza e melhoria de qualidade de vida dos brasileiros.

De forma geral, os pilares, que consolidaram os INCTs como um dos programas mais importantes para a ciência brasileira, se constituem em: (I) formação de redes de pesquisa; (II) con-

solidação de parcerias institucionais; (III) abordagem multidisciplinar em temas estratégicos para o país; (IV) formação e capacitação de recursos humanos altamente qualificados; e (V) investimento a longo prazo.

Nas temáticas de Nanotecnologia e Materiais Avançados, atualmente há 17 INCTs focados nessas áreas, selecionados na Chamada de 2014 e na de 2022, quais sejam:

Selecionados na CHAMADA INCT - MCTI/CNPq/CAPES/FAPs nº 16 de 2014:

- (I) INCT de Fluidos Complexos;
- (II) INCT em Materiais Complexos Funcionais (INCT-Inomat);
- (III) INCT Processamento e Aplicação de Ímãs de Terras Raras para Indústria de Alta Tecnologia (INCT-PATRIA);
- (IV) INCT de Engenharia de Superfícies;
- (V) INCT de Catálise em Sistemas Moleculares e Nanoestruturados;
- (VI) INCT em Teranóstica e Nanobiotecnologia (INCT-TeraNano);
- (VII) INCT de Nanomateriais de Carbono;
- (VIII) INCT Nanotecnologia Farmacêutica: uma abordagem transdisciplinar (INCT-NANOFARMA); e
- (IX) INCT em Eletrônica Orgânica (INCT-INEO).

Selecionados na CHAMADA MCTI/CNPq Nº 58 de 2022:

- (I) INCT de Materiais Ferróicos para conversores de energia: Síntese, Propriedades, Fenomenologia e Aplicações – MATFERRCE;
- (II) INCT de Spintrônica e Nanoestruturas Magnéticas Avançadas (INCT-SpinNanoMag);
- (III) Instituto Nacional em Nano-Biofarmacêutica;
- (IV) Nano e Microeletrônica para Tecnologias Habilitadoras – NAMITEC;
- (V) INCT em Reologia de Materiais Complexos aplicada a Tecnologias Avançadas - INCT-Rhe9;
- (VI) INCT Materials Informatics;
- (VII) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanomateriais para a vida – NanoVIDA; e

(VIII) INCT em Impressão 3D e Materiais Avançados Aplicados à Saúde Humana e Animal (INCT\_3D-Saúde).

## **Ações Voltadas para as Questões Regulatórias e Uso Seguro da Nanotecnologia**

Importante salientar que o MCTI tem um histórico de atuação nas questões de segurança e regulação da nanotecnologia, no qual vale destacar a criação das Redes de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação, a realização de estudo sobre os aspectos regulatórios da nanotecnologia por meio de ação realizada no âmbito dos Diálogos Setoriais com a União Europeia, a viabilização da participação brasileira no Programa NANoREG, bem como o apoio ao projeto de Certificação de Nanoprodutos.

Por meio da Chamada Pública MCTI/CNPq nº17/2011, foram criadas seis Redes Cooperativas de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotoxicologia, para avaliar a segurança dos nanomateriais e fornecer suporte para questões regulatórias. A realização de estudos toxicológicos, não apenas para nanomateriais mas para qualquer material, é fundamental para se conhecer as propriedades dos materiais e para avaliar o potencial toxicológico antes dos mesmos serem utilizados na cadeia produtiva, assegurando seu uso de forma segura e sustentável. As Redes de P&D em Nanotoxicologia tiveram papel fundamental na formação de base científica e de recursos humanos e que serviram de base para a participação brasileira no Programa NANoREG (A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials). Devido aos resultados exitosos as redes foram renovadas em 2014, recebendo recursos extras, e encerrando-se em 2016. A geração de conhecimento obtida com os estudos realizados pelas Redes contribuiu imensamente para dar subsídios para regulação e regulamentação na área de nanotecnologia, fornecendo informações sobre os organismos-testes mais adequados e os bioensaios recomendados para análise de risco. As atividades de pesquisa em nanotoxicologia continuam sendo realizadas, porém com financiamento de outras ações e projetos, tais como o SisNANO.

O projeto NANoREG teve como escopo a regulação internacional em Nanotecnologia. A iniciativa foi proposta pela União Europeia e coordenada pelo Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente da Holanda. Em setembro de 2014 foi oficializada a participação do Brasil no projeto NANoREG, com o objetivo de fornecer às agências reguladoras e aos legisladores do Brasil as ferramentas necessárias para que se tenha uma regulamentação em nanotecnologia embasada em conhecimentos científicos, em consonância com a regulamentação mundial e que dê segurança a trabalhadores, consumidores e ao meio-ambiente.

O NANOREG teve como objetivos gerais: (I) disponibilizar aos legisladores um conjunto de ferramentas de avaliação de risco e instrumentos de tomada de decisão a curto e médio prazo, através da análise de dados e realização de avaliação de risco, incluindo a exposição, monitorização e controle, para um número selecionado de nanomateriais já utilizados em produtos comercializados e comercializáveis; (II) desenvolver, em longo prazo, novas estratégias de ensaio adaptadas a um elevado número de nanomateriais em que muitos fatores podem afetar o seu impacto ambiental e de saúde; e (III) estabelecer estreita colaboração entre governos e indústria, no que diz respeito ao conhecimento necessário para a gestão adequada dos riscos, e criar a base para abordagens comuns, conjuntos de dados mutuamente aceitáveis e práticas de gestão de risco.

No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) exerceu a liderança científica e tecnológica do projeto atuando em conjunto com os laboratórios do SisNANO e com as Redes de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotoxicologia. Oito laboratórios brasileiros, integrantes principalmente das citadas Redes e do SisNANO, contribuíram para cinco dos sete pacotes de trabalho propostos pelo NANOREG. Um dos principais resultados alcançados com o Programa NANOREG foi o estabelecimento de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), testados, ajustados e validados, utilizando comparações interlaboratoriais, destinados a avaliar diversos aspectos de nanomateriais e sua interação com sistemas biológicos. Esses POPs foram harmonizados com os procedimentos já estabelecidos com a OCDE.

Dando continuidade às ações iniciadas no âmbito do NANOREG e visando, também, a divulgação dos POPs produzidos no âmbito do programa, foi estabelecido o Projeto de Certificação de Nanoprodutos (CertificaNano), em execução desde 2017 via CNPq e coordenado pelo prof. José Mauro Granjeiro, do Inmetro. O citado projeto, previsto para finalizar em 2023, é dividido em vários eixos, que envolve a articulação com os agentes reguladores e regulamentadores; o acompanhamento das ações internacionais de regulação em nanotecnologia; a difusão de protocolos desenvolvidos pelo NANOREG e difusão de checklists e guias de orientação/avaliação harmonizados com os protocolos da OCDE; o apoio à capacitação de laboratórios, em especial os do SisNANO, segundo os requisitos estabelecidos nas normas ISO e de boas práticas laboratoriais; o acompanhamento e suporte científico para a Comissão Especial da Câmara dos Deputados Federais; e a produção de materiais de referência para controle de qualidade e calibração de equipamentos.

Dentre os resultados alcançados no projeto e alinhados com essa ação, vale destacar que foi contratado um consultor para auxiliar no processo de articulação com os agentes reguladores. Visando a aproximação, o MCTI solicitou a esses órgãos a indicação de pontos focais para interlocução, mas essa indicação tem sido bem morosa e poucos avanços aconteceram. Diante

disso, o projeto foi prorrogado por mais um ano na expectativa de termos novos pontos focais indicados e que seja possível avançar com mais celeridade nessa articulação. Vale comentar também que durante a pandemia de COVID vários cursos online foram disponibilizados para a comunidade científica atuante nas áreas de nanociência e nanotecnologia, em especial para os grupos que integram o SisNANO. Ainda, foi criado o Portal <https://ead.inmetro.gov.br/mod/page/view.php?id=447> - para difusão dos protocolos desenvolvidos no Programa NANoREG e das normas ISO e documentos da OCDE.

No que se refere à normatização da nanotecnologia e dos materiais avançados, vale destacar também que o MCTI tem acompanhado a Comissão de Estudo Especial da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para o tema Nanotecnologia (ABNT - CEE-089), que tem também foco em materiais avançados, e que retomou suas atividades em 2021. O âmbito de atuação da ABNT/CEE-089 é a normalização no campo de nanotecnologia, no que concerne à terminologia e nomenclatura; à metrologia e instrumentação, incluindo especificações para materiais de referência; aos métodos de ensaio; à modelagem e simulações; e às práticas de saúde, segurança e meio ambiente, com embasamento científico. Inclusive, uma das atividades que vem sendo realizada pela Comissão e seus grupos de trabalho, é a tradução das normas ISO e discussões para adoção de tais normas no Brasil, o que poderá contribuir para as diretrizes para estabelecimento de um programa voltado para nanosseguurança. Um importante resultado já alcançado pelo grupo, foi o estabelecimento da primeira norma brasileira para caracterização de grafeno (ABNT ISO/TS 21356-1). Outras estão em fase de tradução e validação.

Por fim, registra-se que o MCTI tem também contribuído para o processo formal de ingresso do Brasil na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que inclui, a adesão aos instrumentos normativos dessa Organização. Dentre tais instrumentos, está o que trata das recomendações sobre os testes de segurança e a avaliação de nanomateriais manufaturados (Instrumento 0400), às quais o Brasil vem observado.

## **Ações em Parceria com Empresas, Empreendedorismo e Fortalecimento de Ambientes Inovadores**

De forma complementar ao SisNANO, foi criado, no âmbito do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), os Centros de Inovação em Nanotecnologia - SibratecNANO, com duas Redes de Centros de Inovação (Rede Centro de Inovação em Nanomateriais e Nanocompósitos e Rede

de Nanodispositivos e Nanosensores) e um projeto piloto de Rede de Serviços Tecnológicos em Nanotecnologias (Rede Sibratec-SisNANO-Modernit).

Operado pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP), com recursos da FINEP, o SibratecNANO é um instrumento de aproximação, articulação e financiamento de projetos cooperativos entre micro, pequenas, médias e grandes empresas e os laboratórios integrantes do SisNANO. O objetivo desse Centro é fomentar e implantar a cultura da inovação nas empresas brasileiras, principalmente micro e pequenas, voltadas para incorporação da nanotecnologia em produtos e processos. O SibratecNANO, é composto por duas redes específicas: Rede de Inovação em Nanomateriais e Nanocompósitos e Rede de Inovação em Nanodispositivos e Nanosensores. As duas Redes possuem como objetivo específico selecionar projetos de inovação, em suas respectivas áreas, executados por empresas em parceria com Laboratórios do SisNANO, direcionados ao desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos inovadores, com foco no mercado e agregação de valor à empresa, seus produtos e negócios. Até 2022, foram lançados 12 Ciclos para seleção de projetos de parceria entre laboratórios do SisNANO e empresas, movimentando recursos da ordem de R\$ 16 milhões, sendo este valor a soma dos recursos próprios do SibratecNANO e da contrapartida das empresas.

Já a Rede Sibratec-SisNANO-Modernit, um projeto piloto para estabelecimento de uma Rede de Serviços Tecnológicos em Nanotecnologias, teve o objetivo de estruturar os laboratórios, adequando a infraestrutura e os quadros técnicos, com o intuito de melhorar os serviços tecnológicos oferecidos e qualificar os laboratórios para que, caso tenham interesse, solicitassem a acreditação conforme os padrões de qualidade estabelecidos. As duas Redes possuem como objetivo específico selecionar projetos de inovação, em suas respectivas áreas, executados por empresas em parceria com Laboratórios do SisNANO, direcionados ao desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos inovadores, com foco no mercado e agregação de valor à empresa, seus produtos e negócios. Até 2022, foram lançados 12 Ciclos para seleção de projetos de parceria entre laboratórios do SisNANO e empresas, movimentando recursos da ordem de R\$ 16 milhões, sendo este valor a soma dos recursos próprios do SibratecNANO e da contrapartida das empresas.

A Rede contou com recursos da ordem de R\$ 5 milhões, aportados pela FINEP e geridos pela FUNDEP. Estes recursos foram destinados para a contratação de bolsistas especializados em sistema de gestão e na área técnica, capacitação das equipes dos laboratórios, aquisição de normas de referência de ensaio, aquisição de materiais de referência certificados, provisão de auditorias internas e para realização de ensaios de proficiência. Dos 26 laboratórios integrantes da primeira fase do SisNANO (2013-2018), nove foram qualificados para oferecer serviços conforme as normas de serviço de qualidade.

Ainda, com o intuito de fortalecer os ambientes de inovação e a articulação entre o Estado e o setor empresarial, foi criado o Laboratório de Materiais Avançados e Minerais Estratégicos (GraNioTer), um hub tecnológico que tem como principal objetivo apoiar o desenvolvimento de produtos e processos baseados em materiais avançados e minerais estratégicos. A ideia é que o GraNioTer promova maior integração do potencial de oferta de capacidade científica e tecnológica com a demanda por aportes tecnológicos das empresas brasileiras. Até o momento foram aportados R\$ 40 milhões para apoiar a estruturação e início das atividades do GraNioTer. O GraNioTer-MCTI expressa uma diretriz central do MCTI de promover maior integração da oferta potencial da capacidade científica e tecnológica instalada da rede de ICTs com a demanda por desafios tecnológicos das empresas brasileiras. Irá contribuir para a redução do fosso tecnológico entre a indústria e a competição internacional, ampliando a especialização produtiva de alta complexidade, aumentando a produtividade em bens e serviços, e a parcela de produtos e processos com médio e alto valor agregado nas exportações brasileiras. As ações iniciais do GraNioTer-MCTI focam em: grafeno (e outros nanomateriais 2D e 3D), terras raras e minerais estratégicos para a inovação tecnológica (ex. nióbio). Sua operação flexível permitirá PD&I em outros materiais avançados e minerais estratégicos, visando sempre as aplicações inovadoras.

Foi também lançado a Chamada Pública, em parceria com a FINEP, para estruturação de até dois Centros de Tecnologia e Inovação Aplicadas em Materiais Avançados, no valor de R\$ 8 milhões. Dois projetos foram aprovados, porém apenas um, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) foi contratado. O projeto contratado tem como objetivo o desenvolvimento de um centro de materiais avançados em grafeno e novas aplicações tecnológicas, em uma parceria entre o IPT e a Gerdau S.A. O Centro, nomeado “CIGRAPH”, já em desenvolvimento, atuará com três plataformas de inovação: polímeros (matrizes termorrígidas; termoplásticas e elastoméricas); concretos e óleos e graxas, visando a incorporação de dispersões de grafeno nos três sistemas poliméricos, em argamassa e concreto e em óleos e graxas, com o intuito de aumentar as propriedades de desempenho mecânico, térmico, de atrito e de barreira a gases e líquidos bem como a biodegradabilidade. O IPT foi apoiado com um recurso de aproximadamente R\$ 4 milhões da FINEP/FNDCT e, adicionalmente, a Gerdau apoiou com R\$ 1,2 milhão como contrapartida da empresa.

Em 2020, também foi lançada a Chamada Pública CNPq/MCTIC/SEMPI nº 01/2020 para apoio a projetos de empreendedorismo em grafeno, onde, das 73 propostas submetidas, foram contratados 29 projetos com o objetivo de promover a pesquisa aplicada, o desenvolvimento e a inovação com vistas a gerar empreendimentos e soluções de base tecnológica na área de grafeno. A Chamada previu o aporte de cerca de R\$ 1,6 milhão, em custeio e bolsas, havendo uma suplementação de recursos no valor R\$ 500 mil no ano de 2022 para os projetos da Fase II, totalizando um investimento de R\$ 2,1 milhões. A Chamada foi dividida em duas fases. Na

Fase I, as 29 equipes empreendedoras contratadas tiveram 6 meses para identificar problemas reais e demandas do setor privado ou da sociedade, apresentar relatório técnico, Plano de Negócios e apresentar carta de interesse de uma aceleradora ou incubadora. A partir dos resultados alcançados na Fase I, foram selecionadas 10 propostas que seguiram para a Fase II, na qual, ao final de 18 meses, as equipes apresentaram um Produto Mínimo Viável (MVP), além de interações com investidores, empresas e potenciais parceiros ou clientes.

Foi criada também a Rede EMBRAPII de Inovação em Grafeno, com a proposta de incentivar pesquisa e desenvolvimento de aplicações industriais para o material no país. A estratégia para aumentar a competitividade da industrial nacional prevê aproximar as Unidades EMBRAPII (centros de pesquisas credenciados) de grafeno às demandas do setor empresarial pela tecnologia. A Rede EMBRAPII/MCTI conta com 16 Unidades EMBRAPII e, com ela, será possível elevar o nível de maturidade tecnológica relativo ao uso do grafeno por meio de projetos cooperativos de P&D, além de potencializar a capacidade de atendimento às demandas por inovação da indústria nacional, fomentando e tornando-a mais forte e competitiva. Até o momento, há cerca de 19 projetos envolvendo grafeno em andamento, que somam cerca de R\$ 21 milhões (38% sendo contrapartida de empresa), e 53 projetos envolvendo nanotecnologia, que somam R\$ 61 milhões (41% de contrapartida de empresa).

## **Ações em Cooperação Internacional em Nanotecnologia e Materiais Avançados**

A cooperação internacional em Nanotecnologia apoiada pelo MCTIC com países e blocos econômicos expoentes da área potencializa e favorece o intercâmbio entre pesquisadores brasileiros e estrangeiros, com vistas a tornar eficientes os esforços investigativos em torno de temas de interesses comuns às partes. Atualmente, a SETEC/MCTI apoia cooperações em curso com Argentina, China, União Europeia, Portugal, Espanha e BRICS, e visa expandir as cooperações para outros países e blocos econômicos.

No âmbito da cooperação em nanotecnologia, foi estabelecido, em 2005, o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN), com o objetivo de executar projetos conjuntos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), formação e capacitação de recursos humanos científicos de ambos os países. Atualmente o CBAN é composto por dois Coordenadores Nacionais de cada País e por um Comitê Integrado, conforme disposto na Portaria MCTI nº 5.232, de 19 de novembro de 2021. Aos coordenadores nacionais compete exercer a direção do Centro e definir a metodologia de trabalho. Pelo lado brasileiro, a direção do Centro é realizada por um representante do MCTI e um representante do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). O Comitê Integrado é formado por representantes, brasileiros e argentinos, de notório saber em

nanotecnologia. Os representantes tanto da direção do Centro quanto do Comitê Integrado foram nomeados pela Portaria MCTI nº 5.232, de 19 de novembro de 2021.

Ao longo dos anos, o CBAN promoveu inúmeras escolas na área de nanotecnologia. No sentido de impulsionar as atividades do CBAN, foram realizadas reuniões, de 2020 a 2022, entre os Coordenadores Nacionais do CBAN de ambos os países, com o intuito de retomar a aproximação e executar atividades conjuntas. Como atividades do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN) foram realizadas as seguintes atividades: (i) Apresentação do Centro na abertura do XX Encontro de Materiais Nanoestruturados e de Superfície, um dos mais importantes eventos argentinos na área e que aconteceu em maio de 2021; (ii) Apresentação do Centro no XIX Brazil MRS Meeting, o evento anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais realizado em setembro de 2021; e (iii) Realização de um Workshop do CBAN em outubro de 2021, com pesquisadores, brasileiros e argentinos, da área de nanotecnologia, com vistas a aproximar a comunidade científica de ambos os países e promover a realização de projetos conjuntos.

Já em 2022, foi lançada uma Chamada Pública, em uma parceria entre MCTI e CNPq, que teve como objetivo apoiar projetos cooperativos em nanotecnologia no âmbito do CBAN, nas áreas de energia, saúde, agricultura e meio ambiente. Ao todo 67 propostas foram submetidas, sendo 5 aprovadas dentro do limite de recursos, sendo duas na área de energia e uma em cada um das outras áreas. Para 2023, estão previstos 4 Webinários virtuais pra aproximação da comunidade científica atuante em nanotecnologia nos dois países. O 1º Webinário aconteceu em abril, com a apresentação dos 5 projetos aprovados na Chamada 2022 do CBAN e o 2º Webinário está previsto para 29 de junho.

No âmbito da cooperação em nanotecnologia com a China, foi criado, por meio da Portaria nº 117, de 13 de fevereiro de 2012, o Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia (CBCIN), um Centro virtual formado por uma rede cooperativa de instituições do Brasil e da China, buscando o desenvolvimento científico e tecnológico no campo da nanotecnologia, e tem como objetivos: (I) coordenar as atividades envolvendo a cooperação Brasil-China em áreas de nanotecnologia; (II) promover o avanço científico e tecnológico da investigação e aplicações de materiais nanoestruturados; (III) consolidar e ampliar a pesquisa em nanotecnologia, expandindo a capacitação científica, visando explorar os benefícios resultantes dos desenvolvimentos associados a implicações tecnológicas; (IV) desenvolver programas de mobilização de empresas instaladas no Brasil para possíveis desenvolvimentos na área de nanomateriais.

Por meio do CBCIN foram apoiados, até o momento, 10 projetos de pesquisa realizados em conjunto em instituições brasileiras e chinesas. Visando a consolidação e a difusão dos resultados alcançados no âmbito do CBCIN, foi publicado um e-book contendo informações sobre o Centro e sobre os projetos desenvolvidos e seus resultados. Com os projetos, pode-se destacar que houve um impacto direto no avanço da nanotecnologia brasileira, principalmente no controle do processo de engenharia de materiais de carbono nanoestruturado de biomassa para aplicação em remediação ambiental; nos métodos robustos para fabricação de dispositivos; na modelagem computacional de materiais nanoestruturados em condições extremas e design de nanossensores; e nos nanomateriais híbridos para aplicações biomédicas, agrícolas e nanofotônicas.

No âmbito da cooperação em nanotecnologia com Portugal, foi assinado, em maio de 2021, entre o MCTI e seu congênere Português, o Memorando de Entendimento (MoE) em matéria de Nanociência, Nanotecnologia e Tecnologias Quânticas, e que tem como objetivo coordenar e desenvolver a colaboração existente entre centros de investigação portugueses e brasileiros nessas áreas, com vistas a facilitar a cooperação, a formação e a mobilidade de investigadores e especialistas de ambos os países. As atividades levam também em consideração as orientações da segunda reunião da Subcomissão de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em janeiro de 2018, para o reforço da colaboração científica e tecnológica entre os dois Estados nas áreas de: nanociência e nanotecnologia, em especial, nanomateriais, nanossegrurança, nanofotônica, nanodispositivos, nanoeletrônica e nanopartículas aplicadas à saúde, meio ambiente e alimentos; tecnologias quânticas, em especial informação, simulação e computação quânticas; e outras áreas de comum acordo entre as partes. Conforme estabelecido no MoE, foi formado, em 2023, um grupo de trabalho (GT) com o objetivo de preparar um Plano de Implementação Conjunto. O GT conta com 4 membros Brasileiros (sendo 2 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI e 2 do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF) e 2 membros de Portugal.

O Brasil e, mais especificamente, o MCTI vêm intensificando nos últimos anos a interação na temática Ciência e Tecnologia com os Países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e a instituição do Grupo de Trabalho BRICS em Ciência de Materiais e Nanotecnologia (BRICS Working Group of Material Science and Nanotechnologies) constitui parte importante do fomento conjunto à colaboração científica, tecnológica e de inovação. Nesse sentido, foram assinados o Memorando de Entendimento sobre a colaboração em CT&I e o Plano de Trabalho de Ciência, Tecnologia e Inovação dos BRICS (2019-2022). A partir dessa iniciativa, foram realizados 04 Encontros do Grupo de Trabalho em Nanotecnologia e Ciência dos Materiais do BRICS, sendo que o 3º Encontro foi sediado e organizado pelo Brasil, na cidade de Manaus, em 2021. No âmbito deste GT, está sendo estabelecida uma Rede BRICS de Ciência

dos Materiais e Nanotecnologia (BRICS-RCMN), da qual farão parte, inicialmente, os laboratórios do SisNANO e o GraNioTer.

Chamadas Públicas de CT&I nessas áreas entre os países do BRICS vem sendo realizadas desde 2016. Na última Chamada, realizada entre os anos de 2021 e 2022, foram destinados R\$ 600 mil para apoio a projetos em nanotecnologia, materiais avançados e fotônica. O resultado final dessa Chamada foi divulgado em dezembro de 2022 na qual foram contemplados 07 projetos para a área temática de “Ciência dos materiais e nanotecnologia para tratar de questões ambientais, de mudanças climáticas, agrícolas, alimentares e energéticas” e 01 para a de “Inovação e empreendedorismo em Fotônica, Nanofotônica e metamateriais para abordar questões de biomedicina, agricultura, indústria alimentícia e captação de energia” de diferentes ICTs do Brasil. No total, os 08 projetos aprovados estão avaliados em R\$ 2,4 milhões, com uma média de R\$ 300 mil para cada.

O MCTI tem também contribuído para o processo formal de ingresso do Brasil na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que inclui, a adesão aos instrumentos normativos dessa Organização. Dentre tais instrumentos, está o que trata das recomendações sobre os testes de segurança e a avaliação de nanomateriais manufaturados (Instrumento 0400), às quais o Brasil vem observado. Ainda no âmbito da OCDE, representantes do MCTI tem acompanhado as discussões no âmbito do Working Party on Biotechnology, Nanotechnology and Converging Technologies - BNCT, cuja 17ª reunião aconteceu em maio deste ano.

Visando prospectar oportunidades de ações em cooperação internacional e identificar as principais iniciativas tecnológicas em desenvolvimento na fronteira do conhecimento nas áreas de materiais avançados e nanotecnologia, vem sendo realizadas missões técnicas, como a ocorrida em 2022, para o Reino Unido. A missão ao Reino Unido teve 06 objetivos estratégicos definidos conforme segue: (I) prospecção de oportunidades de colaboração; (II) identificação das principais iniciativas tecnológicas em desenvolvimento na fronteira do conhecimento; (III) troca de conhecimento com os principais pesquisadores e gestores internacionais; (IV) busca por subsídios nas temáticas empreendedorismo e inovação tecnológica; (V) apresentação das iniciativas de CTI&E nacionais; e (VI) busca por insights que contribuam para o processo de implantação do GraNioTer. A missão ocorreu de 27 de junho a 2 de julho, com uma delegação Brasileira composta por 18 representantes do MCTI, da FINEP (MCTI), da Casa Civil (PR), Ministério Público do Trabalho (MPT) e por pesquisadores de diversas instituições brasileiras de Ciência, Tecnologia e Inovação, os quais visitaram 13 instituições britânicas, sediadas em Londres, Birmingham e Cambridge, como o Cambridge Graphene Centre, o London Centre for Nanotechnology (LCN) e o Imperial College.

Outra missão de destaque, é o Encontro Luso-Brasileiro sobre Nanociências e Nanotecnologias, ao qual este MCTI foi convidado a participar em maio e que ocorrerá entre os dias 19 e 20 de Junho de 2023, no Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia – INL, em Braga, Portugal, com o objetivo reforçar a cooperação e interação das entidades científicas e tecnológicas com atividade relevante nas áreas das Nanociências e Nanotecnologias nos dois países, permitindo um melhor conhecimento das infraestruturas e programas existentes. O Encontro visa atender ao proposto no Plano de Implementação Conjunto do MoE. A agenda existente prevê cerca de 12 comunicações de cada país, num total de 24 comunicações de cerca de 15 minutos cada, nos temas de Nanotecnologia aplicada à: micro e nanoeletrônica, optoeletrônica (IOT, digitalização industrial, novos materiais 2D), saúde (nanotecnologia em diagnóstico e terapias), ambiente (água, ar, solos), energia (baterias, PV), indústria alimentar (segurança alimentar, processamento de novos alimentos) e Smart Farming (IOT na agricultura, detecção de pragas e infestantes, outros).

## Governança

A temática de nanotecnologia e de materiais avançados vem sendo tratada pelo MCTI há mais de 20 anos e conta com o assessoramento de Comitês Consultivos de especialistas, os quais auxiliam este Ministério na sua missão de formular agenda, ações e programas, de tomada de decisão, de implementação e de avaliação de Programas e Políticas Públicas de Estado nas citadas áreas, bem como proporcionam à sociedade (comunidade acadêmica, setor produtivo, associações e outros) um espaço para participação e discussão de ações. Segue abaixo um breve descritivo de cada um desses Comitês:

**Nanotecnologia:** Instituído pelo Decreto nº 10.095, de 6 de novembro de 2019, o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT) é um órgão de assessoramento destinado a formular propostas, relacionadas à temática, bem como macro-objetivos; áreas prioritárias; alocação de recursos; e acompanhamento e avaliação de iniciativas, ações, programas e projetos nas áreas de Nanotecnologia e Novos Materiais. Além de representantes do MCTI, participam do Comitê membros do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), além de especialistas de notório saber nas áreas de Nanotecnologia e Novos Materiais e de representantes de organizações da sociedade civil, de entidades de classes ou similares, cujos membros foram designados por Portaria do MCTI. Já foram realizadas cinco reuniões do CCNANOMAT, desde a instituição do citado Decreto. Vale

destacar que o citado Comitê existe desde 2007 e passou por remodelações no decorrer dos anos.

**Materiais Avançados:** Instituído pelo Decreto nº 10.746, 09 de julho de 2021, em seu artigo 12, o Comitê Gestor de Materiais Avançados (CGMA), tem como competências: I - propor revisões à Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados; II - propor atualizações ao Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados; III - propor programas, metas e prioridades de governo referentes aos materiais avançados; IV - avaliar a execução da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados; e V - opinar sobre propostas ou programas que possam causar impactos à Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados e sobre atos normativos de qualquer natureza que a regulamentem. O CGMA conta com representantes dos Ministérios da Defesa, da Economia, da Agricultura Pecuária e Abastecimento, da Saúde, de Minas e Energia, do Meio Ambiente, além do Conselho Nacional de Secretários para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação e do Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa. Os membros são designados por meio de Portaria do MCTI. Até o momento foram realizadas duas reuniões, que compreendem o período do ano de 2022.

## Considerações Finais

Diante do exposto, fica evidente a atuação do Governo Federal, por intermédio do MCTI, no apoio ao desenvolvimento científico, tecnológico e na inovação envolvendo nanotecnologia e materiais avançados ao longo da última década, por meio do apoio a diversas iniciativas que visam apoiar infraestrutura de pesquisa, estimular a inovação nas empresas, apoiar a capacitação de recursos humanos nessas áreas, estimular ações de cooperação internacional, além de se preocupar com as questões regulatórias e o uso seguro da nanotecnologia. Tais investimentos vêm sendo realizados pela capacidade e potencial da nanotecnologia e dos materiais avançados de promoverem agregação de valor em produtos desenvolvidos, alavancar o desenvolvimento econômico e social e contribuir para a superação de desafios nacionais.

Vale ainda destacar que a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação vem sendo planejada em torno dos seguintes eixos estruturantes, de acordo com Portaria MCTI Nº 6.998, de 10 de maio de 2023: I - recuperação, expansão e consolidação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação; II - reindustrialização em novas bases e apoio à inovação nas empresas; III - ciência, tecnologia e inovação para programas e projetos estratégicos nacionais; e IV - ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento social. No âmbito do Eixo I das diretrizes da ENCTI, destaca-se, em

# 7. PROTEÇÃO DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS DOS POTENCIAIS RISCOS DOS NANOMATERIAIS NO MANUSEIO E NA PRODUÇÃO

**Arline Sydneia Abel Arcuri<sup>1</sup>**

**Jorge M. Pontes<sup>2</sup>**

**José Renato Alves Schmidt<sup>3</sup>**

**Luís Renato Balbão Andrade<sup>4</sup>**

**Maria de Fátima Torres Faria Viegas<sup>5</sup>**

**Valéria Ramos Soares Pinto<sup>6</sup>**

## RESUMO

Este artigo tem o objetivo de apresentar as nanotecnologias e algumas medidas de proteção dos trabalhadores e trabalhadoras no manuseio e na produção de nanomateriais para leitores não especialistas no tema. Na primeira parte fazemos uma apresentação das nanotecnologias e das principais tentativas de regulação. Em seguida, apresentamos os potenciais riscos a que podem estar submetidos os trabalhadores. Na terceira parte, o leitor encontrará alternativas para mitigação destes riscos elaboradas por pesquisadores da Fundacentro e finalmente, concluímos com sugestões para que o país tenha desenvolvimento sustentável, seguro para trabalhadores e meio ambiente na produção e uso desta tecnologia, imprescindível para criação de materiais avançados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanociências, Saúde do Trabalhador, Segurança do Trabalho.

1 Arline Sydneia Abel Arcuri - Química. Pesquisadora aposentada da Fundacentro [aarcuri@uol.com.br](mailto:aarcuri@uol.com.br)

2 Jorge M. Pontes – Professor, escritor e pesquisador CNPq/CRIARCOMC. [jorge.pontes@usp.br](mailto:jorge.pontes@usp.br)

3 José Renato Alves Schmidt. - Tecnologista da Fundacentro. [jose.schmidt@fundacentro.gov.br](mailto:jose.schmidt@fundacentro.gov.br)

4 Luís Renato Balbão Andrade - Tecnologista da Fundacentro. [luis.andrade@fundacentro.gov.br](mailto:luis.andrade@fundacentro.gov.br)

5 Maria de Fátima Torres Faria Viegas - Tecnologista da Fundacentro. [maria.viegas@fundacentro.gov.br](mailto:maria.viegas@fundacentro.gov.br)

6 Valéria Ramos Soares Pinto - Tecnologista da Fundacentro. [valeria.pinto@fundacentro.gov.br](mailto:valeria.pinto@fundacentro.gov.br)

## INTRODUÇÃO

As nanotecnologias podem ser compreendidas como um conjunto multidisciplinar de técnicas que manipulam a matéria em escala nanométrica, mais precisamente, mas não exclusivamente, partículas abaixo de 100 nanômetros (nm), cujas características por conta do tamanho diminuto, são essencialmente diferentes daquelas encontradas no material em sua forma macro. Um nanômetro (nm) corresponde a uma bilionésima parte do metro (ou o metro dividido por um bilhão). Para que se possa estabelecer uma comparação, um fio de cabelo humano tem aproximadamente 70.000 nanômetros de diâmetro. Ou seja, se tomarmos uma nanopartícula esférica de 100 nm de diâmetro, seria possível alinhar 700 destas partículas na largura de apenas um fio de cabelo. (BRASIL, 2021).

Nanotecnologia afeta todos os aspectos da vida através de inovações que permitem, por exemplo, materiais mais fortes e leves para melhor economia de energia (chamamos de materiais avançados); medicamentos específicos para o tratamento efetivo de diversas doenças incluindo o câncer; água potável limpa e acessível no mundo todo; computadores velozes e com grande capacidade de armazenamento; superfícies auto limpantes; monitores de saúde portáteis; painéis solares mais eficientes; embalagens de alimentos com monitoramento; regeneração da pele, ossos e células nervosas para uso na medicina; janelas inteligentes com controle de claridade para economia de energia; concreto (nanocimento) que seca mais rapidamente e que pode ter sensores para detectar rachaduras e corrosões nas estradas, pontes e edifícios (BRASIL, 2018).

O que há em comum em todas estas áreas e materiais citados é a manipulação da matéria na escala nanométrica, mas é bom lembrar que os impactos são bem diferentes em cada aplicação. Algumas são positivas, na medida em que possibilitam a criação de novos materiais e até novas soluções para problemas ambientais, econômicos e de saúde, contudo já é conhecida a potencialidade de provocar consequências não desejadas nas relações sociais, de trabalho, no meio ambiente e para a saúde dos trabalhadores e do público em geral.

A definição de nanopartículas que apresentamos inicialmente foi a de que elas são partículas de diferentes materiais com uma ou mais dimensões externas na faixa de tamanho 1 nm a 100 nm. Contudo para o projeto NanoReg – projeto da União Europeia para estudo de regulação de nanomateriais – essa definição apresenta problema quanto à regulação, pois podem existir materiais que têm suas propriedades alteradas antes mesmo de atingirem esta escala.

Para entender melhor esta preocupação é preciso explicar que do ponto de vista das propriedades desses materiais é importante considerar elementos acima de 100 nm, desde que possam apresentar propriedades diferentes do que em escalas maiores. Assim apontamos

para algo que muitos estudiosos no mundo já sinalizaram, *a redução do tamanho dos materiais até a nanoescala, mesmo superiores a 100 nm, pode ocasionar mudanças significativas em suas propriedades.*

Essas mudanças ocorrem fundamentalmente em função de dois fenômenos: a) a **redução do tamanho** que gera um aumento na relação entre a superfície do material e o volume ocupado e com isto ocorre um aumento de sua reatividade; b) o **efeito quântico** que com o aumento da área superficial e a redução do tamanho da partícula, afeta principalmente outras propriedades físico-químicas. Ele não é relevante quando o tamanho vai de macro para microdimensões, contudo, torna-se dominante quando a escala nanométrica é atingida.

Deixando de lado iniciativas estrangeiras de estudo e regulação das nanotecnologias (NanoReg, por exemplo), chamamos a atenção dos leitores para o fato da criação do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia em 23 de novembro de 2009, a partir da iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, buscando ser uma ferramenta estratégica para apoiar a discussão e o encaminhamento de iniciativas e programas do segmento nanotecnológico no país.

Esta iniciativa estava voltada à preparação do caminho estratégico do Brasil, por meio da abordagem de questões e demandas relativamente novas, além de apresentar imenso potencial de crescimento, tornando-se fundamental para oferecer ao país condições de competitividade na “Revolução Tecnológica” que se anunciava. Buscava ser um espaço de interação construído com base em um diálogo profícuo e estimulante, onde todos os atores interessados poderiam dar sua contribuição de modo que as resoluções e determinações emanadas materializassem-se em políticas públicas consistentes e aptas a viabilizar a consolidação de um setor de tamanha relevância no cenário econômico e tecnológico do país. Os participantes do Fórum foram agrupados nos seguintes Grupos de Trabalho: GT de Mercado; GT de Marco Regulatório; GT de Cooperação Internacional; e GT de Recursos Humanos.

Em 2010, os GTs de Marco Regulatório e de Mercado apresentaram relatório das atividades em que faziam um diagnóstico, apontando os desafios e recomendações para o cenário das nanotecnologias no Brasil e no mundo. No entanto, em 2011 as atividades do fórum foram encerradas o que no nosso ponto de vista prejudicou qualitativamente a participação do país no acompanhamento das discussões e votações da ISO TC 229, que cuida de variadas interfaces das nanotecnologias. Em 2012 foi criado através da Portaria Interministerial nº 510, de 9 de julho de 2012, o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN) com a finalidade de assessorar os Ministérios, representados no Comitê, na integração da gestão e na coordenação, bem como no aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no país.

É importante ressaltar que a Fundacentro, enquanto instituição de estudos, pesquisas e difusão de conhecimentos na área de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), em 2006, por iniciativa de um grupo de pesquisadores, identificou a necessidade de estudar os possíveis impactos de novas tecnologias, em especial as nanotecnologias sobre a SST. Naquele momento as nanotecnologias eram consideradas tecnologias emergentes. Já em 2007, iniciou-se internamente o projeto “Impactos das nanotecnologias na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente” que a partir de palestras, seminários e cursos constatou o pouco conhecimento dos trabalhadores sobre o tema.

Em 2009 foi tomada a iniciativa de publicação da série “Nanotecnologia em Quadrinhos”, elaborada e concebida pelo tecnologista da Fundacentro Alexandre Custódio Pinto, que na época trabalhava para o Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas (IIEP). O primeiro volume da série de histórias em quadrinhos (HQ) abordou conceitos básicos de nanotecnologia e cada um dos quatro posteriores voltou-se a um setor econômico: Químico, Indústria da Construção, Rural e Metalúrgico. E ainda no ano 2009, o projeto sobre nanotecnologia foi apresentado à Organização Mundial da Saúde (OMS) como parte das atividades da Fundacentro como Centro Colaborador em saúde do trabalhador desta entidade intergovernamental.

Ao longo dos anos a Fundacentro promoveu seminários, cursos, participou de projetos e publicações com entidades nacionais e internacionais, tais como: OMS; MDIC; MCTI; IIEP; Renanosoma; além de diversos sindicatos de trabalhadores. O projeto “Impactos das nanotecnologias na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente” foi encerrado em 2019. Em 2021, a revista Mundo Nano da Universidade Autônoma do México publicou o artigo intitulado “A Governança, nanotecnologia e a necessidade de capacitação da força de trabalho” que contém um resumo das principais realizações do projeto entre 2006 e 2019. Ainda em 2021, foi publicado o livro “Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macroinquietações”, com uma coletânea de textos sobre os aspectos das nanotecnologias abordados pelo projeto. Ambas as referências estão detalhadas ao final deste artigo. Embora, o projeto citado tenha sido encerrado em 2019, o tema nano e novas tecnologias permanece alvo de outras iniciativas de pesquisa e divulgação da Fundacentro.

## POTENCIAIS RISCOS DOS NANOMATERIAIS

Um número crescente de atividades expõe direta ou indiretamente os trabalhadores à probabilidade de interagir com os nanomateriais promovendo a exposição ocupacional. Como foi dito anteriormente, os materiais apresentam comportamentos diferentes em nanoescala se comparados ao mesmo produto em escala maior, e é esta diferença quando examinada na interação das nanopartículas com organismos vivos, que levou ao desenvolvimento de uma

especialidade da toxicologia: a nanotoxicologia. A intensificação das propriedades que tornam os nanomateriais tão interessantes tem acarretado incertezas quanto aos possíveis efeitos de toxicidade sobre a saúde dos seres vivos e ao meio ambiente.

A toxicologia das nanopartículas demonstra alguns efeitos tóxicos diferentes das partículas da mesma substância em escala maior. Considerando que as nanopartículas são da mesma escala de tamanho de alguns componentes celulares típicos e das proteínas, tais partículas podem escapar das defesas naturais do organismo humano e levar a danos celulares permanentes.

Entretanto, células dos tecidos humanos podem absorver muitas dessas nanopartículas e esta habilidade tem sido aproveitada para desenvolver medicamentos com princípios ativos que são capazes de atuar diretamente nas áreas acometidas por lesão. Contudo, esta mesma habilidade também pode facilitar a entrada de materiais tóxicos para dentro das células.

Com o crescente aumento de nanopartículas manufaturadas – não encontradas na natureza –, é também cada vez maior a preocupação com a possibilidade de provocarem câncer. A IARC – Agência de pesquisa em câncer da Organização Mundial da Saúde – já reconheceu algumas nanopartículas no grupo 2B, ou seja, como possivelmente cancerígenas, tais como: um tipo de nanotubos de carbono multi-paredes; negro de fumo – **Black Carbon** com destaque a presença de partículas ultrafinas em misturas; o dióxido de titânio com a citação de que estudos que usaram partículas em nanoescala indicaram maior toxicidade em relação às partículas finas usadas em estudos anteriores.

A principal via de exposição de trabalhadores aos nanomateriais é a respiratória. E atualmente a inalação de partículas biopersistentes e fibras com uma morfologia semelhante ao amianto é o maior perigo para a saúde, possivelmente resultando em inflamação local e câncer. Mas é importante saber também que nanopartículas de prata, de albumina e de carbono, todas mostraram disponibilidade de distribuição sistêmica após a exposição por inalação.

Já citamos que partículas em nanoescala têm a possibilidade de entrar em células e devemos acrescentar a isso a capacidade destas partículas de se deslocarem para o sistema circulatório e se distribuírem pelo organismo. A este fenômeno chamamos de translocação, pois quanto menor for o tamanho, maior a facilidade de ocorrência de deslocamento entre as células do corpo humano. E isto pode ocorrer por outras vias como o fluido cérebro espinhal, transposição da barreira hematoencefálica ou através do nervo olfativo até o sistema nervoso central.

No caso de contato com a pele, alguns estudos indicam tipos de nanopartículas que penetram apenas as camadas superiores da epiderme, e outros encontram nanopartículas em camadas inferiores e até em outros locais do organismo como o fígado ou baço. Pode ocorrer, com

menos frequência, a absorção de nanopartículas pelo trato gastrointestinal. Elas podem se deslocar pela parede epitelial, sendo que este fenômeno depende, como nos outros meios, das características das nanopartículas, assim como da própria fisiologia do trato gastrointestinal. Para mais detalhes sobre o assunto aconselhamos a leitura na “Nota Técnica nº 1/2018/FUNDACENTRO” e do livro “Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macroinquietações”, disponíveis em nossas referências.

## AVALIAÇÃO DE RISCOS E PROTEÇÃO DOS TRABALHADORES

Para que seja possível fazer a caracterização do risco e desencadear medidas de controle, é necessário em primeiro lugar conhecer as características do nanomaterial e é aqui que tem início as dificuldades, pois há ainda poucos estudos sobre os efeitos da maior parte dos nanomateriais.

Contudo, o primeiro passo para avaliação de potenciais riscos é começar com uma coleta de informações básicas no local de trabalho, tais como: fluxos de trabalho, pessoal e tarefas; materiais utilizados, ficha de dados de segurança; revisão de literatura, antecipação e reconhecimento de perigos e outros indicadores de situações de exposição em potencial. Este primeiro passo é conhecido como a “identificação dos perigos”.

O segundo passo é o da caracterização da possível exposição ocupacional. A caracterização da exposição ocupacional pode se dar por meio de métodos quantitativos, qualitativos ou semiquantitativos. Para efeito deste texto, vamos nos debruçar sobre métodos quantitativos e qualitativos para nanomateriais.

## MÉTODOS QUANTITATIVOS

O que medir. Normalmente a higiene ocupacional mede uma concentração de massa por volume ou quantidade de partículas por volume, entretanto, para nanomateriais esta métrica em geral não é satisfatória. Há outras opções como a área superficial por volume, que alguns estudos sugerem ser mais relevante.

Como medir. A literatura apresenta uma série de métodos para execução da concentração das nanopartículas no ambiente de trabalho, os métodos variam especialmente em relação ao que pretendem medir.

(1)O resultado da medição.

- (a) Existe a dificuldade de distinção entre as nanopartículas já existentes no local daquelas produzidas pelo processo produtivo.
- (b) Embora existam sugestões de limites de exposição ocupacional para nanomateriais, não há consenso sobre quais, de fato, deveriam ser estes limites.

Das considerações colocadas, fica claro que as avaliações quantitativas ainda têm um alcance limitado para os nanomateriais, mesmo sendo, em tese, mais precisas (menos subjetivas). Para contornar estas dificuldades, fazemos uso de métodos qualitativos que são os mais indicados.

## MÉTODOS QUALITATIVOS

Da mesma forma que os métodos quantitativos, também os métodos qualitativos precisam ser específicos para nanomateriais, não sendo possível a utilização de métodos usados para materiais em escala maior. Apesar disso, os princípios já utilizados também podem ser aplicados aos nanomateriais, como é o caso, por exemplo, dos métodos específicos de avaliação de riscos envolvendo nanomateriais baseados no princípio do controle de bandas (*control banding*). Vencidas as etapas de identificação dos perigos e a avaliação da exposição é possível determinar um “nível de risco”, risco este que deve ser controlado.

Para minimizar o risco deve ser aplicada a hierarquia de controle proposta na higiene ocupacional, levando-se em conta as especificidades do nanomaterial utilizado. Por exemplo, não basta a instalação de ventilação local exaustora. É necessário que o material exaurido seja captado por um sistema contendo um filtro tipo HEPA, conhecido como filtro absoluto. A informação é a arma principal diante das incertezas. As empresas produtoras e importadoras de nanomateriais e que promovem a transformação tecnológica de postos de trabalho devem adotar para todos os funcionários sessões rotineiras de informação, sobre riscos e cuidados, se possível com a distribuição de material informativo, em linguagem acessível.

A (re)qualificação dos funcionários deve anteceder a transformação tecnológica dos postos de trabalho ou a adoção de nanomateriais nos processos de produção e manipulação, com tempo hábil para que o funcionário possa adaptar-se a nova rotina da organização ou mesmo se recolocar no mercado de trabalho.

Os processos de (re)qualificação e sessões de informação devem abordar conhecimentos sobre Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequados à proteção contra a inalação, ingestão e contato com a pele de nanomateriais; primeiros socorros em caso de exposição; planos de contingenciamento e rotas de fuga.

## À GUIA DE CONCLUSÃO

A necessidade de investimento em pesquisas para determinação de potenciais riscos na produção, no manuseio ou na adição de nanopartículas durante a criação de materiais avançados é algo urgente para o Estado e empresas que buscam o selo de responsabilidade social.

Este é o caminho para transpor a barreira da falta de informação sobre a ação dos nanomateriais e dos seus limites de tolerância, como apontamos no texto. É importante ressaltar que o resultado destas pesquisas citadas acima não deve permanecer nos gabinetes e gavetas, mas, se converter em ações de informação e prevenção para melhoria dos ambientes de trabalho contando com a participação de todos os envolvidos. As diretrizes de gestão de SST preveem que a participação dos trabalhadores constitui um elemento essencial do sistema de gestão da SST na organização, e desta forma esta participação torna-se ponto central das ações de prevenção e deve ser adotada na busca de uma produção segura de nanomateriais.

E enquanto isto acontece, destaca-se aqui a necessidade de se considerar o seguinte princípio da precaução: *na falta de informações, uma substância ou situação deve ser considerada perigosa até que sejam obtidas evidências concretas que afastem esta suposição inicial*. A partir deste pensamento, todas as medidas possíveis e necessárias para proteção dos trabalhadores devem ser adotadas.

Assim sendo, é prioritário para atividades ligadas à produção e manuseio das nanotecnologias e/ou materiais avançados, as seguintes ações:

- b. a identificação dos nanomateriais e descrição da exposição a eles;
- c. a medição da exposição aos nanomateriais (se possível) e eficácia das medidas de proteção;
- d. avaliação dos riscos dos nanomateriais alinhados com um arcabouço legal adequado;
- e. estudos *in vivo* para a avaliação dos efeitos; dos nanomateriais sobre a saúde.
- f. validação dos métodos *in vitro* e dos métodos de propriedades físico-químicas para determinar os efeitos na saúde; e
- g. formação dos trabalhadores e das diretrizes e práticas de manuseio para as atividades envolvendo nanomateriais.
- h.

Destaca-se ainda a importância de avaliar todo o ciclo de vida dos nanomateriais, para que os possíveis riscos não sejam repassados para os usuários e/ou consumidores dos materiais em nanoescala.

Por ora é possível projetar a importância não só das pesquisas relacionadas à segurança e saúde no trabalho envolvendo nanomateriais, como também da divulgação ampla destes conhecimentos. Provavelmente, a nanotecnologia, mais do que qualquer outra tecnologia, tem sido caracterizada pela discussão de seus riscos ainda no desenho do projeto, ou seja, antes da detecção de possíveis consequências adversas. Esta antecipação dos riscos se constitui em uma oportunidade para que se tente não repetir os erros relacionados aos impactos de novas tecnologias sobre a segurança, a saúde e o meio ambiente. Para maiores informações, inclusive técnicas, convidamos os nossos leitores a entrar em contato com os autores e visitar as nossas referências bibliográficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCURI, A. S. A.; PONTES, J. M.; SCHMIDT, J. R. A.; ANDRADE, L. R. B.; VIEGAS, M. F. T. F.; PINTO, V. R. S.; VIEGAS FILHO, A. Governança, nanotecnologia e a necessidade de capacitação da força de trabalho. Mundo Nano. **Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología**, v. 15, n. 28, p. 1e-22e, 27 set. 2021. Disponível em: <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/69677>. Acesso em: 21 Mai. 2023

ANDRADE, L. R. B. (org.). **Pequeno não quer dizer seguro**: nanotecnologias e macroiniquidades. São Paulo: Fundacentro, 2021. Disponível em: [http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23\\_1/apache\\_media/HURV61KMKA5KUJN5KCED4K7847HJN1.pdf](http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/HURV61KMKA5KUJN5KCED4K7847HJN1.pdf). Acesso em 14 jun 2023

\_\_\_\_\_. Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. 2013. **Tese de doutorado**. Engenharia de Produção. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: [http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/TESE\\_ANDRADELRB20MAR2%202014\(2\).pdf](http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/TESE_ANDRADELRB20MAR2%202014(2).pdf). Acesso em: 05 fev. 2018

ARCURI, A. S. A. PONTES, J. M. Nanopartículas. IN: INCA. **Ambiente, trabalho e câncer**: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: [https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente\\_trabalho\\_e\\_cancer\\_-\\_aspectos\\_epidemiologicos\\_toxicologicos\\_e\\_regulatorios.pdf](https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf). Acesso em 14 jun 2023

ça do Trabalho (SST) para uma produção segura com o uso de nanotecnologias. São Paulo: Fundacentro, 2018. Disponível em: <http://antigo.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/Nota%20tecnica%20%2001-2018%20Corrigida%20e%20Revisada.pdf>. Acesso em: 21 Mai. 2023

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials**. Geneva: World Health Organization, 2017.

PONTES, J. M.; BONINI, L. M. de M. (Orient.). O tripartismo e as políticas públicas de segurança e saúde no trabalho. 2015. 127 f. **Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas)**. Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2015.

SCHMIDT, J. R. A. Avaliação de risco envolvendo a manipulação de nanomateriais em um laboratório de pesquisa. **Dissertação de mestrado**. Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176917/346686.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Um modelo probabilístico para avaliação do risco ocupacional envolvendo nanomateriais. **Tese de doutorado**. Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/226765>. Acesso em: 05 jun. 2023.

# ANEXOS



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO  
MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO  
PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO**  
Rua Cubatão, n° 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

## **COM URGÊNCIA.**

**PGEA N ° 9630/2017.**

I – Conforme despacho 209.965/2019 (movimento 736 em 19/6/2019) no PROMO 3751/2017, encaminhe-se a seguinte nota técnica por PGEA (despacho no PGEA 9630.2017 ou se necessário por PGEA autônomo) à Assessoria Parlamentar da PGT, Dr. Alessandro Santos de Miranda, conforme texto no final;

São Paulo, 19 de junho de 2019.

**PATRICK MAIA MERÍSIO  
PROCURADOR DO TRABALHO**



MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO  
MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO  
PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO  
Rua Cubatão, n° 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

## NOTA TÉCNICA.

Considerando que o PLS 880.2019 traz diversas matérias relacionadas à nanotecnologia, nanosseguurança e assuntos correlatos relacionados à SAÚDE e à SEGURANÇA DO TRABALHO em NANOTECNOLOGIA, que é objeto de grupo de trabalho instaurado pela Procuradoria Geral do Trabalho (Portaria 1927/2018);

Considerando que dentro da política promocional que se insere nas atribuições do Ministério Público do Trabalho na forma do artigo 127, caput, CF, artigo 129, II e III, CF; artigo 5º, III, d, Lei Complementar n.º 75/1993, dentre outros dispositivos normativos, compete-lhe cooperar com outros órgãos e Poderes, na defesa do interesse público e do bem comum;

Considerando que a FUNDACENTRO, através do seu departamento próprio, já expediu nota técnica (1/2018) sobre a possibilidade de riscos de exposição em atividades que envolvam nanotecnologia;

**MANIFESTA-SE o presente grupo de trabalho da seguinte forma através da presente NOTA TÉCNICA, no intuito de cooperar com o Poder Legislativo**

Em primeiro lugar, deve-se destacar a boa técnica do presente projeto na definição de diversos elementos fundamentais para a realização de diversos valores sociais e direitos fundamentais relacionados à educação, ciência, tecnologia e inovação, bem como em especial saúde e segurança



MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO  
MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO  
PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO  
Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

do trabalho, principalmente nos conceitos trazidos para fins de alteração da Lei 10.973/2004 (em seu atual artigo 2º);

Cumprе ressaltar também que boa parte do presente projeto se insere como forma de efetivação do Plano de Ação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras por parte do Ministério da Ciência;

Desta forma, o presente Grupo de Trabalho do MPT saúda, de forma geral, a iniciativa necessária de regulamentação da nanotecnologia, tecnologia de ponto que em muito pode contribuir para o desenvolvimento social e educacional brasileiro, com potencial de geração de riquezas;

Por outro lado, todavia, entende o MPT que o presente projeto carece de diversas formas de proteção ambiental e de saúde e segurança do trabalho (que em muito inclusive se relacionam ao Plano de Ação anteriormente referido e elaborado pelo Ministério da Ciência;

Desta forma, o MPT dentro da ótica da necessária harmonização dos Poderes e das Instituições propõe a presente contribuição técnica de forma a enriquecer o presente projeto e adequá-lo às necessidades de proteção da saúde e segurança;

## 1ª PARTE – PRINCÍPIOS AMBIENTAIS

O presente projeto deve se inserir em contexto de fundamentação em princípios ambientais, em especial: **A – princípio da precaução** (CF – Artigo 200, I a VII; 225, caput e incisos IV e V; Artigo 1º, Lei 11.105/2005 (Biossegurança); **B – proteção da saúde do público, consumidores e trabalhadores** – defesa do trabalhador - CF – Artigo 1º, III e IV (dignidade humana; valor social do trabalho e da livre iniciativa); Cobertura do risco e proteção do acidente do trabalho – CF, artigo 7º, XXII e 201, § 10; defesa do Consumidor - CF – Artigo 5º, XXXII e 170,



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO**  
**MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO**  
**PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO**  
 Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

V; Arts. 8º-24, CDC; proteção do risco a toda a sociedade – CF, artigo 225, § 1º, V; 170, V e de forma centralizada o direito à saúde, conforme CF, artigo 196 - A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação; C – princípio da sustentabilidade ambiental (Prevalência dos Direitos Humanos e dos Tratados Internacionais – CF, artigo 5º, § 2º e 3º; artigo 4º, II; 170, VI; 200, VIII, 225; PNR Sólidos – Destinação e Disposição Final devem ser ambientalmente adequadas (Lei 12.305/2010, Artigo 3º, VII e VIII); Padrões sustentáveis de consumo (Lei 12.305/2010, artigo 3º, XIII) e, por fim, ODS do Milênio (ONU), presentes no documento de metas de ação do Ministério da Ciência, mas não neste projeto; D- Princípio da solidariedade (CF – Artigo 3º, I; Ciclo de vida do produto (Lei 12.305/2010, Artigo 3º, IV) e Controle Social (Lei 12.305/2010, Artigo 3º, VI); E – princípio da participação e da informação do público e da sociedade (Direito/dever de informação – Artigo 5º, XIV, CF; Princípio da publicidade administrativa e ambiental – CF, Artigo 37, caput e 225, VI; Competência comum da União, Estados e Municípios em proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas – CF, Artigo 23, VI; Código de Defesa do Consumidor – Artigos 4º, IV; 6º, II, 9º F – princípio de consideração dos impactos (Objetivo da República Federativa do Brasil: promover o bem de todos (CF, artigo 3º, IV) Segurança (CF, artigo 5º, caput e 6º, caput); CF, Artigo 218, § 2º; Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.368/1981) e PNR Sólidos – Lei 12.305/2010 (Artigos 3º, X e XI) – Gerenciamento e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; G - PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE DO PRODUTOR (Artigo 931, Código Civil;

Documento assinado eletronicamente por PATRICK MAIA MÉRITO em 19/06/2019, às 10:00:51:28 (horário de Brasília).  
 Endereço para verificação: [https://processoadministrativo.mpt.br/processoadministrativo/consultas/validar\\_assinatura.php?m=2&id=33705640&ca=M46A921TC02026](https://processoadministrativo.mpt.br/processoadministrativo/consultas/validar_assinatura.php?m=2&id=33705640&ca=M46A921TC02026)



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO**  
**MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO**  
**PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO - 2ª REGIÃO**  
Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

Princípio do poluidor pagador; Artigo 225, § 3º, CF; PNR Sólidos – Artigo 3º, XVII – responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, cidadãos etc

## **2ª PARTE – MEIO AMBIENTE DO TRABALHO E EFETIVAÇÃO DAS GARANTIAS E OBRIGAÇÕES.**

Parte dessas propostas pode ser tratada no projeto de lei e parte no decreto a que se refere o projeto de lei. Relevante, de qualquer forma, que o projeto de lei faça menção específica à necessidade de regulamentação da saúde e segurança dos trabalhadores que trabalham com nanotecnologia, em face dos fortes impactos que podem derivar desta nova tecnologia;

Existem diversas regras previstas em convenções da Organização Internacional do Trabalho que se relacionam com a nanotecnologia, e em especial destacamos a Convenção 155 (incorporada na nossa ordem jurídica por força do decreto 1.254/1994), em seus artigos 8º a 21) e a Convenção 174 (incorporada na nossa ordem jurídica por força do decreto 4.085/2002), as quais apontam para diversas questões relacionadas aos tópicos que se seguem abaixo. Destacam-se ainda diversas Normas Regulamentadoras em Saúde e Segurança do Trabalho, conforme competência estabelecida no artigo 200 da CLT, com destaque para a NR 5, em especial no tópico 5.16.

Mencionamos como regras importantes a serem regulamentadas; A - a Boa fé, cooperação, lealdade e transparência entre trabalhadores, empregadores, prestadores de serviços, autônomos, empresas especializadas, sindicatos e representantes dos trabalhadores, bem como de todos aqueles que atuem no âmbito da higiene, saúde e



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO**  
**MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO**  
**PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO**  
Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

segurança do trabalho; B - Direito de informação adequada e contextualizada entre trabalhadores, empregadores, prestadores de serviços, autônomos, empresas especializadas, sindicatos e representantes dos trabalhadores, bem como de todos aqueles que atuem no ambiente do trabalho, no âmbito da higiene, saúde e segurança do trabalho; C - Formação, educação e capacitação profissional, de forma permanente (learning for life), em todo o decurso das atividades a serem desenvolvidas, e não apenas como requisito para exercício da função; D - Capacitação profissional que garanta e obrigue o trabalhador a se atualizar constantemente em seus conhecimentos técnico-profissionais de forma a impedir a perda de necessidade do seu trabalho; E – A educação como obrigação e dever das empresas, do Estado, sindicatos e do próprio trabalhador; F – Incentivo (fomento) público e privado a procedimentos e técnicas que favoreçam a inserção de pessoas com deficiência no mercado de trabalho;

A efetivação das obrigações trabalhistas deverá favorecer a ação interna da empresa e em nível coletivo com representantes dos trabalhadores e representantes sindicais. O Estado atuará de forma subsidiária, com prioridade: I – fiscalização das obrigações legais e convencionais coletivas; II – Fomento de políticas públicas, sociais e educacionais; III – prevenção dos riscos, principalmente os de maior gravidade para a vida, bem como a integridade física e mental. O Estado tem o dever de atuar sempre que a omissão das partes acarretar sérios riscos e danos aos trabalhadores, consumidores e toda a coletividade.

Confirmamos ainda, em sua íntegra, a validade da Nota Técnica (1/2018) da FUNDACENTRO que estabelece e orienta como políticas necessárias a serem implementadas: avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores (estudo do nanomaterial, do



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO**  
**MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO**  
**PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO**  
Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

local de trabalho, fluxos de trabalho, pessoal e tarefas; fichas de dados de segurança; antecipação de riscos em potencial; avaliação da exposição) e ainda medidas específicas de saúde do trabalho (tal como a adaptação dos exames ocupacionais à nova realidade das nanotecnologias), como medidas que devem ser implementadas e ponderadas em conjunto com o presente projeto.

Esta é a manifestação do nosso Grupo de Trabalho.

São Paulo, 12 de junho de 2019.

**PATRICK MAIA MERÍSIO**  
**PROCURADOR DO TRABALHO**  
**COORDENADOR NACIONAL TITULAR DO GT**

**GUILHERME KIRTSCHIG**  
**PROCURADOR DO TRABALHO**  
**COORDENADOR NACIONAL SUBSTITUTO DO GT**

**ADRIANE REIS DE ARAÚJO**  
**PROCURADORA REGIONAL DO TRABALHO**

**ELAINE NORONHA NASSIF**  
**PROCURADORA DO TRABALHO**

Documento assinado eletronicamente por PATRICK MAIA MERÍSIO em 19/06/2019, às 10h09min25s (horário de Brasília).  
Endereço para verificação: [https://protocoloadministrativo.mpt.mp.br/processoseletronicos/consultas/valida\\_assinatura.php?m=2&id=337705406ca=M148A987YU09M26](https://protocoloadministrativo.mpt.mp.br/processoseletronicos/consultas/valida_assinatura.php?m=2&id=337705406ca=M148A987YU09M26)



**MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO**  
**MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO**  
**PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO – 2ª REGIÃO**  
Rua Cubatão, nº 322, Paraíso, São Paulo/SP, CEP 04013-001

**JORSINEI DOURADO DO NASCIMENTO**  
**PROCURADOR DO TRABALHO**

**SANDRO HENRIQUE FIGUEIREDO CARVALHO DE ARAÚJO**  
**PROCURADOR DO TRABALHO**

Documento assinado eletronicamente por PATRICK MATA MERRISO em 19/06/2019, às 10h09min28s (horário de Brasília).  
Endereço para verificação: [https://protocoloadministrativo.mpt.mp.br/processoeletronico/comultas/valida\\_assinatura.php?m=2&i=33770540&ca=M148A92YCU0N26](https://protocoloadministrativo.mpt.mp.br/processoeletronico/comultas/valida_assinatura.php?m=2&i=33770540&ca=M148A92YCU0N26)

## ANEXO

### COMPLEMENTO À NOTA TÉCNICA

Considerando a Emenda n. 01- CCJ ao PLS 880.2019, de natureza substitutiva global ao texto original do referido PLS, a qual integra, atualmente, o Parecer da Exma. Comissão de Constituição e Justiça do Senado Federal, favorável ao Projeto e aprovado por aquele Colegiado na data de 19.2.2020;

**o presente Grupo de Trabalho, mantendo seu objetivo de cooperação com o Poder Legislativo, complementa sua manifestação anterior, por meio deste Anexo.**

O texto do relatório aprovado pela Exma. CCJ, da lavra do Sen. Rodrigo Cunha, registra, em sua Seção II (fls. 9), o recebimento de sugestões de aprimoramento do texto original do PLS, inclusive destacando aquelas aportadas pelo MPT; e também o acolhimento de todas “[...] aquelas que são consentâneas com os princípios e diretrizes constitucionais e legais de proteção ambiental (art. 225 da Constituição Federal) e de saúde e segurança do trabalho (art. 7º, inciso XXI c/c o art. 218, § 3º, ambos da Constituição Federal) no âmbito das atividades científicas, tecnológicas e nanotecnológicas”.

Nessa toada, um cotejo entre a nova redação proposta para os artigos 2º e 3º, do Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados, e o quanto sugerido no corpo da NT retro, permite aquilatar a efetiva incorporação de parte substancial das sugestões do MPT.

É o que se verifica dos trechos destacados abaixo:

“Art. 2º As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão **os princípios que visam a assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado**, em especial, os seguintes princípios:

- I – da precaução;
- II – da sustentabilidade ambiental;
- III – da consideração dos impactos;
- IV – da solidariedade;
- V – da responsabilidade do produtor;
- VI – da boa-fé, cooperação, lealdade e transparência entre todos os agentes envolvidos;
- VII – da participação e da informação ao público e à sociedade.

Art. 3º As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão as diretrizes que visam a assegurar a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de saúde, higiene e segurança, em especial:

- I – a proteção da saúde do público, consumidores e trabalhadores;
- II – a implementação de medidas específicas de saúde do trabalho;
- III – a avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores;
- IV – a formação, educação e capacitação profissional dos trabalhadores, de forma permanente;
- V – a informação adequada e contextualizada;
- VI – o incentivo à inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho” (grifos acrescidos).

Diante desse quadro, recomendamos a manutenção dos trechos acima destacados no texto do PLS, dado o importante papel dos Princípios na garantia da coerência e integridade das futuras aplicações do Marco Legal; na orientação do exercício dos poderes de regulamentação da legislação; e na imposição de constrangimentos impeditivos de quaisquer exegeses lesivas aos Bens Jurídicos, por eles tutelados.

É a manifestação complementar do presente grupo de trabalho.

São Paulo, 16 de maio de 2023

**PATRICK MAIA MERÍSIO**

**PROCURADOR DO TRABALHO**

**COORDENADOR NACIONAL TITULAR DO GT**

**GUILHERME KIRTSCHIG**

**PROCURADOR DO TRABALHO**

**COORDENADOR NACIONAL SUBSTITUTO DO GT**



SENADO FEDERAL  
*Gabinete do Senador Jorginho Mello*

**PROJETO DE LEI Nº , DE 2019**  
**(Do Senador Jorginho Mello)**



Institui o Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados; dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica; altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993; e dá outras providências.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º. Esta lei institui o Marco Legal da Nanotecnologia, dispondo sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, e à capacitação científica e tecnológica na área de nanotecnologia.

Art. 2º. O art. 1º da lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 1º Esta Lei estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, 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, 219-A e 219-B da Constituição Federal.

Parágrafo único .....

I – promoção das atividades científicas, tecnológicas e nanotecnológicas como estratégicas para o desenvolvimento econômico e social;

II – promoção e continuidade dos processos de desenvolvimento científico, tecnológico, nanotecnológico e de inovação, assegurados os recursos humanos, econômicos e financeiros para tal finalidade;”

.....

“IX – promoção e continuidade dos processos de formação e capacitação científica, tecnológica e nanotecnológica;”

.....

“XV – responsabilidade no desenvolvimento da nanotecnologia, com observância das questões ambientais, sanitárias e de segurança e das implicações éticas, legais e sociais;

XVI – promoção de acesso aos benefícios da nanotecnologia para a sociedade;

XVII – estímulo ao empreendedorismo;

XVIII – promoção do fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil através do desenvolvimento tecnológico de setores específicos de interesse nacional e de aplicação global;

XIX – promoção de cooperações internacionais entre ecossistemas para o desenvolvimento regional. (NR)”

Art. 3º. O art. 2º da Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, passa a vigorar com as seguintes alterações:

“Art. 2º .....

XV – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN): política nacional para a nanotecnologia com o objetivo de criar, integrar e fortalecer ações governamentais para promover o desenvolvimento



científico e tecnológico da nanotecnologia, com foco na promoção da inovação na indústria brasileira e na prosperidade econômica e social;

XVI – tecnologia convergente: tecnologia que incorpora princípios, leis, teorias, teoremas e expertise de outras áreas do conhecimento para o desenvolvimento de processos e produtos inovadores;

XVII – tecnologia habilitadora: tecnologia com capacidade de provocar avanços disruptivos em outras tecnologias, com consequente aumento na qualidade e no valor agregado de produtos, processos e serviços;

XVIII – nanotecnologia: é uma tecnologia transversal, disruptiva e pervasiva dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala, visando o controle das propriedades da matéria e a criação de nanomateriais e materiais avançado;

XIX – materiais avançados ou novos materiais: materiais que apresentam estruturas e propriedades diferenciadas dos materiais tradicionais;

XX – nanossecurança: conjunto de ferramentas que preveem, prescrevem e proscrevem o desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos, de forma a garantir a segurança ambiental, ocupacional e sanitária de toda a sua cadeia de valor;

XXI – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO): programa formado por um conjunto de laboratórios direcionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação em nanociências e nanotecnologias, tendo como característica essencial o caráter multiusuário e de acesso aberto a instituições públicas e privadas;

XXII – SibratecNANO: instrumento do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec) de aproximação, articulação e financiamento de projetos cooperativos entre micro, pequenas, médias e grandes empresas e Instituições Científica e Tecnológicas (ICTs) participantes do SisNANO;



XXIII – Redes de Inovação em nanotecnologia: redes de fomento da nanotecnologia e dos materiais avançados para incorporação da nanotecnologia em produtos e processos e serviços e fortalecimento da cultura da inovação na indústria e na academia;

XXIV – Ecossistemas de inovação: ambientes agregadores entre empreendedores, indústrias e investidores para melhoria da infraestrutura e potencialização de arranjos institucionais e culturais, com foco no desenvolvimento da sociedade do conhecimento, que compreendem, entre outros, parques científicos e tecnológicos, cidades inteligentes, distritos de inovação e polos tecnológicos.

§ 1º O regulamento desta Lei institucionalizará a IBN.

§ 2º O regulamento definirá os produtos e insumos que se enquadram como materiais avançados ou novos materiais. (NR)”

## CAPÍTULO I

### DAS COMPETÊNCIAS E ATRIBUIÇÕES INSTITUCIONAIS

Art. 4º. As competências para acompanhamento, avaliação e revisão da política pública para a nanotecnologia serão definidas em regulamento.

*Parágrafo único.* O regulamento preverá a participação de representantes do governo, de setores empresariais, da academia e da sociedade civil organizada no processo de acompanhamento, avaliação e revisão da política pública de nanotecnologia.

## CAPÍTULO II

### DA CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMAS



SF/19013.93344-94

Art. 5º. Fica instituído o Programa Nacional de Nanosseguurança, cujo objetivo será criar um modelo de avaliação da segurança de nanomateriais e nanoprodutos na cadeia de valor, harmonizado com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) e alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e conforme regulamentação a ser apresentada.

Art. 6º. Fica instituído o Programa Nacional de Descoberta Inteligente de Novos Materiais, cujo objetivo será criar um modelo combinado de tecnologias digitais e experimentais para acelerar e reduzir os custos associados ao processo de desenvolvimento tecnológico de novos materiais, conforme regulamentação a ser apresentada.

Art. 7º. Fica instituído o Programa Nacional de Novos Materiais, cujo objetivo será criar um modelo desenvolvimento sustentável de materiais estratégicos por meio de processo de níveis de maturidade para se atingir a produção de produtos de alto valor agregado, conforme regulamentação a ser apresentada.

Art. 8º. Fica instituído a Estratégia Nacional de Grafeno e Materiais 2D Novos, cujo objetivo será criar uma plataforma de desenvolvimento sustentável para atingir o amplo potencial do Grafeno e dos materiais 2D por meio do Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados.

### CAPÍTULO III

#### DA CAPACITAÇÃO E DO FORTALECIMENTO DE AMBIENTES INOVADORES

Art. 9º. Compete à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios promover a formação de recursos humanos na área de



SF/19013.93344-94

nanotecnologia, bem como a realização de eventos nacionais e internacionais de nanotecnologia no País.

Art. 10º. Compete à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios investir na base do sistema de inovação brasileiro, apoiando a formação de recursos humanos e articulações com os poderes do Estado e o setor empresarial, tendo como base as seguintes ações:

I – Apoio ao Sistema de Serviços Unificado da IBN (SIBRATEC Nano/FAPs);

II – Ampliação do SisNANO, com a inclusão de Parceiros Estratégicos (laboratórios e/ou institutos de P&D privados);

III – Articulação com órgãos competentes para implementação do Programa Nacional para o Desenvolvimento de Micro e Pequenas empresas de Nanotecnologia;

IV – Articulação com órgãos competentes para implementação do Programa para Importação Facilitada de Matéria-prima para Laboratórios e Empresas;

V – Articulação com o Instituto Nacional da Propriedade Industrial, com vistas à implementação de exames prioritários de patentes por intermédio do Programa de Aceleração de Concessão de Patente para Nanotecnologias e Novos Materiais.

Art. 11. Caberá à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios promover e intensificar a cooperação internacional referente a ecossistemas que envolvam nanotecnologia e novos materiais, seguindo, entre outras, as seguintes ações:

I – Ampliação dos acordos bilaterais e multilaterais de cooperação e compromissos internacionais celebrados pelo Estado Brasileiro associados à Nanotecnologia e Novos Materiais, e

II – Fortalecer os Programas de Cooperação Internacional já estabelecidos associados a Nanotecnologia e Novos Materiais.



SF/19013.96344-94

## CAPÍTULO IV

DO ESTÍMULO À CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES ESPECIALIZADOS  
E COOPERATIVOS DE INOVAÇÃO EM SAÚDE, AGRONEGÓCIO,  
ENERGIA, MOBILIDADE, INFRAESTRUTURA, SEGURANÇA PÚBLICA,  
DEFESA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Art. 12. Caberá à União, aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios e às respectivas agências de fomento, estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas, ICTs e entidades privadas sem fins lucrativos voltados para atividades de pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia, que objetivem a geração de produtos, processos e serviços inovadores e a transferência e a difusão de nanotecnologia.

Art. 13. O § 2º do art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 3º .....

§2º .....

IV – produzidos com insumos manufaturados brasileiros que tenham utilizado nanotecnologia ou novos materiais.

V – produzidos ou prestados por empresas que invistam em pesquisa e no desenvolvimento de tecnologia no País.

VI – produzidos ou prestados por empresas que comprovem cumprimento de reserva de cargos prevista em lei para pessoa com deficiência ou para reabilitado da Previdência Social e que atendam às regras de acessibilidade previstas na legislação.

.....” (NR)

Art. 14. O § 5º do art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, passa a vigorar com a seguinte redação:



SF19013.93344-94

“Art. 3º .....

§5º .....

III – produtos manufaturados brasileiros que tenham utilizado a nanotecnologia ou novos materiais.

.....” (NR)

Art. 15. Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

### JUSTIFICAÇÃO

Este projeto tem como objetivo instituir o Marco Legal da Nanotecnologia, conferindo maior segurança jurídica à pesquisa e à manufatura com nanotecnologia e materiais avançados ou novos materiais no País.

Conforme definição do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, a nanotecnologia “é uma tecnologia transversal, disruptiva e pervasiva dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala”, que equivale a 1 bilionésimo do metro).

Com o avanço científico e tecnológico, as nanotecnologias têm ocupado um papel central no desenvolvimento socioeconômico dos países mais desenvolvidos do mundo. As diferentes propriedades dos nanomateriais trazem desafios de diversas ordens, revolucionando produtos, máquinas e serviços, mas, também, impondo a necessidade de um modelo avançado de avaliação de segurança na manipulação e utilização desses insumos. Somente dessa forma, é possível garantir que o progresso social e econômico impulsionado pelas nanotecnologias venha devidamente acompanhado de maior segurança jurídica, ambiental e sanitária.

O Governo Federal, nos últimos anos, lançou diversas iniciativas dedicadas a estruturar políticas públicas e ações governamentais na área de nanotecnologia. A título de exemplo, em 2013, foi lançada a Iniciativa



Brasileira de Nanotecnologia (IBN), com o objetivo de integrar as ações governamentais para promover o aumento da competitividade da indústria brasileira. Outros exemplos são o SisNANO, sistema de laboratórios criado pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, com o objetivo de estimular a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em nanociências e nanotecnologia; e o SibratecNANO, instrumento de aproximação, articulação e financiamento de projetos cooperativos entre empresas e Instituições Científica e Tecnológica que fazem parte do SisNANO, com o objetivo de fomentar e implantar a cultura de inovação com incorporação de nanotecnologia em produtos e processos de empresas brasileiras.

A chave para a avaliação da conformidade com Nanosseguurança<sup>1</sup> é avaliar a cadeia de valor, ao invés de uma única avaliação dos nanomateriais ou dos nanoprodutos isoladamente. O sistema propõe a implementação do paradigma Safe by Design (Segurança pelo Projeto), que evidencia a segurança ocupacional e ambiental durante todo o ciclo de uso, manuseio, manipulação e produção de nanomateriais para o desenvolvimento de produtos para pesquisa acadêmica e indústrias, alinhado com os agentes de desenvolvimento e agências reguladoras/fiscalizadoras, harmonizado com harmonizados com legislação global direcionada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), e que responda aos desafios dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Em que pese a importância de tais iniciativas, há importantes melhorias institucionais a serem realizadas no setor de nanotecnologias, de modo a fomentar pesquisas e investimentos com nanomateriais no País. Uma das principais lacunas existentes é justamente a ausência de um marco legal federal que confira maior segurança jurídica à pesquisa e à produção com o uso de nanomateriais.

Nossa expectativa, portanto, é que o projeto apresentado se junte às iniciativas já existentes no sentido de: i) apoiar o desenvolvimento e a utilização de nanotecnologias por empresas brasileiras; ii) melhorar a qualidade dos produtos e serviços com insumos nanotecnológicos no mercado nacional; iii) contribuir para o aumento da produtividade e da competitividade das

<sup>1 1</sup> a) Nanosseguurança: Guia de Boas Práticas em Nanotecnologia para Fabricação e Laboratórios, Berti, L. A., Porto, L. M., ISBN-10: 8522125376, ISBN-13: 9788522125371, 256p; b) Nanosseguurança na Prática: Um guia para análise da segurança de empresas, laboratórios e consumidores que utilizam a nanotecnologia, Oliveira, A L M, Berti, L A, De Rolt, C R. ISBN - 978-85-87079-12-1, 187p.



empresas brasileiras no mercado internacional; e iv) incentivar e nortear a criação de uma política nacional de nanosseguurança.

Convicto da importância da presente iniciativa, esperamos contar com o apoio dos ilustres pares.

Sala das Sessões, em      de      de 2019.

**JORGINHO MELLO**  
Senador - PR/SC





SENADO FEDERAL  
Gabinete do Senador Rodrigo Cunha

## PARECER Nº , DE 2019

Da COMISSÃO DE CONSTITUIÇÃO, JUSTIÇA E CIDADANIA, sobre o Projeto de Lei nº 880, de 2019, do Senador Jorginho Mello, que institui o *Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados*; dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica; altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993; e dá outras providências.

Relator: Senador **RODRIGO CUNHA**

### I – RELATÓRIO

Vem à deliberação da Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania (CCJ), nos termos do art. 101, incisos I e II, alíneas *f* e *g*, do Regimento Interno do Senado Federal (RISF), o Projeto de Lei (PL) nº 880, de 2019, do Senador Jorginho Mello, que institui o *Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados*; dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica; altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993; e dá outras providências.

**O PL nº 880, de 2019, é composto por 15 (quinze) artigos.**

**O art. 1º** fixa o objeto da norma, qual seja, a instituição do Marco Legal da Nanotecnologia, dispondo sobre estímulos ao



SF/19697.11720-88

desenvolvimento científico, à pesquisa e à capacitação científica e tecnológica na área de nanotecnologia.

Para tanto, **os arts. 2º e 3º** do PL nº 880, de 2019, propõem alterações aos arts. 1º e 2º da Lei nº 10.973, de 2004, que *dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências*, para dela fazer constar expressamente referências à nanotecnologia e a seus impactos no que concerne aos princípios que devem balizar as medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica no ambiente produtivo e aos conceitos adotados.

**O art. 4º, que integra o Capítulo I**, dispõe sobre as competências e atribuições institucionais relacionadas às políticas públicas para a nanotecnologia.

**O Capítulo II** da proposição, que engloba **os arts. 5º, 6º, 7º e 8º**, trata da criação e implementação de programas e seus objetivos. Institui o Programa Nacional de Nanosseguurança (art.5º), o Programa Nacional de Descoberta Inteligente de Novos Materiais (art. 6º), o Programa Nacional de Novos Materiais (art. 7º) e a Estratégia Nacional de Grafeno e Materiais 2D Novos e o Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados (art. 8º).

**O Capítulo III**, que abarca **os arts. 9º, 10 e 11**, cuida da capacitação e do fortalecimento de ambientes inovadores e das responsabilidades e competências da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios na promoção da formação de recursos humanos na área de nanotecnologia.

**O Capítulo IV**, composto pelos **arts. 12, 13, 14 e 15**, trata do estímulo à construção de ambientes especializados e cooperativos de inovação em saúde, agronegócio, energia, mobilidade, infraestrutura, segurança pública, defesa e sustentabilidade ambiental.

**O art. 12** prevê a competência dos entes federados na constituição de alianças estratégicas e desenvolvimento de projetos de cooperação na área. **O art. 13** promove alterações na Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, que *regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências*, para incluir no rol de preferências em caso de empate nos certames licitatórios, os bens e serviços produzidos com



SF/19697.11720-88

insumos manufacturados brasileiros que tenham usado nanotecnologia. **O art. 14**, por seu turno, também propõe alterações à Lei nº 8.666, de 1993, para prever margem de preferência em processos licitatórios a produtos manufacturados brasileiros que tenham utilizado a nanotecnologia ou novos materiais. Por fim, **o art. 15** veicula a cláusula de vigência imediata na data da publicação da lei que decorrer da eventual aprovação desta proposição.

Em necessária síntese do que consta da densa **justificação** do PL nº 880, de 2019, destacamos a preocupação do autor em demonstrar a necessidade de ser instituído no país o “Marco Legal da Nanotecnologia”, de modo a conferir maior segurança jurídica à pesquisa e à manufatura com nanotecnologia e materiais avançados ou novos materiais no País. Indica a relevância dessa nova tecnologia que, segundo definição do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, “é uma tecnologia transversal, disruptiva e pervasiva dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala”, que equivale a 1 bilionésimo do metro. Aponta o papel central da nanotecnologia no desenvolvimento socioeconômico dos países mais desenvolvidos. Registra, ainda, paralelamente ao potencial de avanço tecnológico trazido pela nanotecnologia, a necessidade de adoção de modelo avançado de segurança jurídica, ambiental e sanitária na manipulação e utilização desses insumos. Aduz que o Governo Federal tem lançado diversas iniciativas, desde 2013, com o objetivo de estruturar políticas públicas e ações governamentais na área de nanotecnologia. A proposição, caso aprovada, teria o condão de conferir permanência a essas iniciativas. Ademais, a proposição objetiva: i) apoiar o desenvolvimento e a utilização de nanotecnologias por empresas brasileiras; ii) melhorar a qualidade dos produtos e serviços com insumos nanotecnológicos no mercado nacional; iii) contribuir para o aumento da produtividade e da competitividade das empresas brasileiras no mercado internacional; e iv) incentivar e nortear a criação de uma política nacional de nanosseguurança.

Em 19 de fevereiro deste ano, o PL nº 880, de 2019, foi distribuído à CCJ e à Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCT), cabendo à última a decisão terminativa. No prazo regimental não foram apresentadas emendas.

Tive a honra de ser designado relator nesta Comissão em 3 de abril de 2019.



SF/19697.11720-88

## II – ANÁLISE

Compete à CCJ, nos termos regimentais indicados, dispor sobre a constitucionalidade, juridicidade, técnica legislativa, regimentalidade e mérito da proposição.

Consignamos, inicialmente, que a proposição foi distribuída também à CCT, para que delibere em caráter terminativo sobre a proposição. Assim, em face da especificidade da matéria tratada, cingiremos nossa análise aos aspectos de constitucionalidade, juridicidade, técnica legislativa e regimentalidade, consoante o que estabelece o art. 101, I, do RISF, e, quanto ao mérito, aos aspectos relacionados à organização e funcionamento da administração pública, às contratações públicas e ao processo licitatório prévio, e à formulação, implementação e avaliação de políticas públicas, com ênfase nas políticas de fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico, em especial, à política de desenvolvimento da nanotecnologia em nosso país, nos precisos termos do art. 101, II, *f* e *g*, do RISF.

Deixaremos à CCT o aprofundamento da análise do mérito da política de desenvolvimento científico, tecnológico e inovação tecnológica – com ênfase para a introdução da nanotecnologia em nosso ordenamento jurídico – para que, em observância ao que consta do art. 104-C, I, do RISF, e em respeito ao devido processo legislativo, não haja superposição ou usurpação indesejada de competências e análises no âmbito dos órgãos fracionários do Senado Federal.

Vimos que o PL nº 880, de 2019, objetiva instituir no país o “Marco Legal da Nanotecnologia” de modo a conferir maior segurança jurídica à pesquisa e à manufatura com nanotecnologia e materiais avançados ou novos materiais no País em face de seu papel central no desenvolvimento socioeconômico dos países mais desenvolvidos.

No que concerne à estruturação da proposição, vemos que o projeto tem natureza híbrida, pois seus arts. 2º e 3º propõem alterações ao texto da Lei nº 10.973, de 2004, lei específica em vigor que trata dos incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. As alterações propostas almejam inserir no marco regulatório já existente princípios e conceitos que contemplem a vertente da nanotecnologia. Já os arts. 13 e 14 pretendem promover alterações na Lei nº 8.666, de 1993, para incluir no rol de preferências em caso de empate nos certames licitatórios, os bens e serviços produzidos com insumos manufaturados brasileiros que tenham usado nanotecnologia e para prever



SF/19697.11720-88

margem de preferência em processos licitatórios a produtos manufaturados brasileiros que tenham utilizado a nanotecnologia ou novos materiais. O art. 15 veicula a cláusula de vigência.

Já os demais artigos – o art. 1º e os arts. 4º ao 12 – são disposições autônomas, organizadas em capítulos, que tratam do arranjo institucional dos entes federados para a formulação, implementação e avaliação da política pública de nanotecnologia e dos programas nacionais específicos que a integram, assim como para a formação de recursos humanos que atuarão na área.

Trata-se de estratégia legislativa adequada **que observa os preceitos relacionados à juridicidade**, visto que se pretende propor modificações específicas em política pública mais abrangente já positivada e em vigor – Lei nº 10.973, de 2004 –, ao tempo em que as disposições autônomas apresentam regras novas e complementares ao marco legal existente no âmbito da política de fomento à inovação e ao desenvolvimento tecnológico.

Há, todavia, reparos a serem feitos à proposição, uns mais complexos e graves, outros mais singelos. Iniciemos pela análise de sua **constitucionalidade formal**.

É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nos termos do art. 23, inciso V, da CF, proporcionar os meios de acesso à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação.

A inovação insere-se no âmbito da competência legislativa concorrente da União, Estados e Distrito Federal, em que compete a União a formulação das normas gerais (art. 24, IX e § 1º, da CF).

Quando membros do Poder Legislativo pretendem propor políticas públicas e arranjos institucionais devem levar em consideração que o sistema de governo adotado em nosso ordenamento jurídico-constitucional é o presidencialista, em que as atribuições de chefe de governo e de chefe de Estado são enfeixadas pelo Presidente da República. Compete aos Ministros de Estado, nos termos do art. 84, inciso II, e do parágrafo único do art. 87, ambos da Constituição Federal (CF), auxiliar o Presidente da República no exercício da direção superior da administração federal.



SF/19697.11720-88

O art. 61, § 1º, inciso II, alínea *e*, da Constituição Federal atribui ao Presidente da República a competência privativa para deflagrar o processo legislativo quando se trata da criação e extinção de Ministérios e órgãos da administração pública, observado o disposto no art. 84, inciso VI.

O art. 84, inciso VI, da CF, por sua vez, estabelece, com a redação conferida pela Emenda Constitucional nº 32, de 11 de setembro de 2001, a competência privativa do Presidente da República para dispor, mediante decreto, sobre a organização e o funcionamento da administração federal, quando não implicar aumento de despesa, criação ou extinção de órgãos públicos e a extinção de funções ou cargos públicos, quando vagos.

A análise sistemática dos dispositivos constitucionais que tratam da iniciativa privativa de projetos de lei pelo Presidente da República e da disciplina por decreto de matérias afetas à organização e funcionamento da administração pública federal (art. 61, § 1º, *c/c* o art. 84, inciso VI, ambos da CF) permite a constatação de que objetivam preservar a autonomia do Poder Executivo no que concerne à sua organização e funcionamento.

Em outras palavras, essas normas constitucionais indicam a autonomia do Poder Executivo na estruturação de seus órgãos e entidades e na montagem do aparato institucional adequado à formulação e implementação das políticas públicas necessárias à concretização dos direitos fundamentais previstos na Constituição Federal e na transformação em ação das promessas eleitorais que se tornaram vitoriosas com a manifestação da soberania popular prevista no art. 1º da Constituição Federal.

Convém lembrar que essas regras constitucionais defluem diretamente do princípio da separação dos Poderes previsto no art. 2º da CF que assevera que os Poderes são independentes e harmônicos entre si. O princípio da separação de Poderes, como é sabido, integra o rol das cláusulas imodificáveis de nossa Constituição pelo que estabelece o inciso III do § 4º de seu art. 60. Essas regras se aplicam, por simetria, consoante pacífica jurisprudência do Supremo Tribunal Federal (STF), aos Estados, Distrito Federal e Municípios.

Há que se registrar, ademais, que a Constituição Federal preserva a autonomia dos entes federados subnacionais quanto à sua organização político-administrativa, à luz do que estabelece o art. 18, *caput*, da CF. O respeito ao pacto federativo também é cláusula imodificável de nossa Constituição (art. 60, § 4º, inciso I).



SF/19697.11720-88

A análise da evolução da jurisprudência do STF em sede de controle de constitucionalidade por vício de iniciativa legislativa permite constatar que não são apenas as leis que expressamente criam órgãos ou entidades na administração pública o objeto da glosa constitucional. São, também, declaradas inconstitucionais, por vício formal, as normas que objetivam o remodelamento na organização e funcionamento de órgãos, a criação de programas, a fixação de novas atribuições, o estabelecimento de prazos para a adoção de providências, entre outras medidas constantes de Leis de iniciativa parlamentar.

Não desconsideramos o fato de que a jurisprudência do STF tem se flexibilizado no sentido de admitir, em algumas hipóteses, que Lei originada de proposição de iniciativa parlamentar trate de aspectos da organização e funcionamento do Poder Executivo.

Todavia, o traço característico dessa nova linha jurisprudencial mais flexível, por assim dizer, é o mínimo impacto nos temas que a Constituição atribui privativamente ao Chefe do Poder Executivo, seja na disciplina por decreto, seja na reserva de iniciativa de proposição legislativa. Têm sido consideradas constitucionais Leis de iniciativa parlamentar que fixam novas atribuições para órgãos públicos que não sejam estranhas ao plexo de atribuições existente e das quais não decorram criação de órgãos, cargos ou aumento de despesas.

Reputamos plausível o argumento de que o projeto de lei com abrangência nacional e submetido à competência concorrente tem a possibilidade de afastar a impugnação constitucional por mitigação da separação de Poderes, respeitada a regra que impõe, nessas circunstâncias, a limitação da competência da União à elaboração de regras gerais.

Essas são as balizas constitucionais que devem nortear nossa análise quanto à constitucionalidade formal, em especial para identificar a existência na proposição de dispositivos que se chocam com as regras constitucionais que tratam da reserva de iniciativa legislativa do Presidente da República, e com as que tratam da preservação da autonomia dos entes federados subnacionais.

Sob esses parâmetros, entendemos que a fixação do objeto da proposição (art.1º), dos princípios (art. 2º), dos conceitos (art. 3º), dos arranjos genéricos e nacionais de formulação, implementação e avaliação da política de nanotecnologia (arts. 4º, 9º e 12) e de regras de precedência em contratações públicas (arts. 13 e 14) são compatíveis com o texto



SF/19697.11720-88

constitucional, não invadem a reserva de iniciativa legislativa do Presidente da República e tampouco afetam o pacto federativo.

Vislumbramos, de outro lado, vício de iniciativa dos dispositivos que instituem programas nacionais e impactam diretamente a organização e funcionamento do Poder Executivo federal (arts. 5º, 6º, 7º e 8º) e outros que impõem atribuições administrativas específicas aos entes federados, de reponsabilidade primordial dos respectivos Poderes Executivos (arts. 10 e 11).

Entendemos, no que diz respeito à **constitucionalidade material**, que a proposição é consentânea com a Constituição Federal, especialmente com o que estabelece o Capítulo IV, “Da Ciência, da Tecnologia, e da Inovação”, do Título VIII, “Da Ordem Social”, no sentido de que: *i*) o Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação (art. 218, *caput*); *ii*) a pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional (art. 218, § 2º); *iii*) o Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa, tecnologia e inovação, inclusive por meio do apoio às atividades de extensão tecnológica, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho (art. 218, § 3º); e *iv*) o Estado estimulará a articulação entre entes, tanto públicos quanto privados, nas diversas esferas de governo (art. 218, § 6º).

Registramos, ainda, o recebimento de sugestões de aprimoramento do texto original do PLS nº 880, de 2019, encaminhadas, entre outros, por segmentos organizados da sociedade, universidades e Ministério Público, com destaque para as contribuições do Grupo de Trabalho do Ministério Público do Trabalho cujo objeto é a saúde e a segurança do trabalho em nanotecnologia. Decidimos incorporar aquelas que são consentâneas com os princípios e diretrizes constitucionais e legais de proteção ambiental (art. 225 da Constituição Federal) e de saúde e segurança do trabalho (art. 7º, inciso XXI c/c o art. 218, § 3º, ambos da Constituição Federal) no âmbito das atividades científicas, tecnológicas e nanotecnológicas.

Não verificamos no PL nº 880, de 2019, quaisquer imprecisões quanto à sua **regimentalidade**.

Identificamos, ainda, algumas imperfeições no que concerne à estruturação formal e à **técnica legislativa** da proposição, à luz do que



SF/19697.11720-88

estabelece a Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, que trata da elaboração, redação, alteração e consolidação das leis. Assim, como já havíamos percebido a necessidade de promover reparos que visam a conferir maior higidez jurídico-constitucional à proposição, optamos por apresentar uma única **emenda substitutiva global** que enfeixe todas essas alterações.

**No mérito**, exaltamos a oportunidade e a conveniência da iniciativa do Senador Jorginho de Mello que ousou enfrentar, com brilhantismo, tema delicado e complexo de nossa agenda, que contribuirá, não temos dúvidas, para o desenvolvimento nacional e para a geração de empregos qualificados em nossa economia, sem prejuízo de análise mais detida e especializada a ser empreendida pela CCT.

### III – VOTO

Em face do exposto, opinamos pela constitucionalidade, juridicidade, boa técnica legislativa, regimentalidade e, no mérito, votamos pela aprovação do PL nº 880, de 2019, nos termos da emenda substitutiva global que apresentamos.

#### EMENDA Nº - CCJ (SUBSTITUTIVO)

#### PROJETO DE LEI Nº 880, DE 2019

Institui o Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados; dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica; altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993; e dá outras providências.

O Congresso Nacional decreta:

**Art. 1º** Esta Lei institui o Marco Legal da Nanotecnologia e dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, e à capacitação científica e tecnológica na área de nanotecnologia.

**Art. 2º** As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão os princípios



SF/19697.11720-88

que visam a assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, em especial, os seguintes princípios:

- I – da precaução;
- II – da sustentabilidade ambiental;
- III – da consideração dos impactos;
- IV – da solidariedade;
- V – da responsabilidade do produtor;
- VI – da boa-fé, cooperação, lealdade e transparência entre todos os agentes envolvidos;
- VII – da participação e da informação ao público e à sociedade.

**Art. 3º** As atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, no âmbito desta Lei, observarão as diretrizes que visam a assegurar a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de saúde, higiene e segurança, em especial:

- I – a proteção da saúde do público, consumidores e trabalhadores;
- II – a implementação de medidas específicas de saúde do trabalho;
- III – a avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores;
- IV – a formação, educação e capacitação profissional dos trabalhadores, de forma permanente;
- V – a informação adequada e contextualizada;
- VI – o incentivo à inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho.



SF19697.11720-88

**Art. 4º** Compete à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, nos termos desta Lei:

I – investir na base do sistema de inovação brasileiro e promover a formação de recursos humanos na área de nanotecnologia;

II – estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas, ICTs e entidades privadas sem fins lucrativos voltados para atividades de pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia;

III – promover e intensificar a cooperação internacional referente a ecossistemas que envolvam nanotecnologia e novos materiais;

IV – realizar eventos nacionais e internacionais de nanotecnologia no País.

**Art. 5º** O processo de acompanhamento, avaliação e revisão da política pública para a nanotecnologia será definido em regulamento, em cada esfera da federação.

*Parágrafo único.* O regulamento preverá a participação de representantes do governo, de setores empresariais, das universidades e da sociedade civil organizada no processo de acompanhamento, avaliação e revisão da política pública de nanotecnologia.

**Art. 6º** A Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, passa a vigorar com as seguintes alterações:

“**Art. 1º** Esta Lei estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica, 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, 219-A e 219-B da Constituição Federal.

*Parágrafo único.* .....

I – promoção das atividades científicas, tecnológicas e nanotecnológicas como estratégicas para o desenvolvimento econômico e social;

II – promoção e continuidade dos processos de desenvolvimento científico, tecnológico, nanotecnológico e de inovação, assegurados os recursos humanos, econômicos e financeiros para tal finalidade;



SF/19697.11720-88

.....  
IX – promoção e continuidade dos processos de formação e capacitação científica, tecnológica e nanotecnológica;

.....  
XV – responsabilidade no desenvolvimento da nanotecnologia, com observância das questões ambientais, sanitárias e de segurança e das implicações éticas, legais e sociais;

XVI – promoção de acesso aos benefícios da nanotecnologia para a sociedade;

XVII – estímulo ao empreendedorismo;

XVIII – promoção do fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil através do desenvolvimento tecnológico de setores específicos de interesse nacional e de aplicação global;

XIX – promoção de cooperações internacionais entre ecossistemas para o desenvolvimento regional.” (NR)

“Art. 2º .....

.....  
XV – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN): política nacional para a nanotecnologia com o objetivo de criar, integrar e fortalecer ações governamentais para promover o desenvolvimento científico e tecnológico da nanotecnologia, com foco na promoção da inovação na indústria brasileira e na prosperidade econômica e social;

XVI – tecnologia convergente: tecnologia que incorpora princípios, leis, teorias, teoremas e *expertise* de outras áreas do conhecimento para o desenvolvimento de processos e produtos inovadores;

XVII – tecnologia habilitadora: tecnologia com capacidade de provocar avanços disruptivos em outras tecnologias, com consequente aumento na qualidade e no valor agregado de produtos, processos e serviços;

XVIII – nanotecnologia: é uma tecnologia transversal, disruptiva e pervasiva dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala, visando o controle das propriedades da matéria e a criação de nanomateriais e materiais avançados;

XIX – materiais avançados ou novos materiais: materiais que apresentam estruturas e propriedades diferenciadas dos materiais tradicionais;

XX – nanosseguurança: conjunto de ferramentas que prevêm, prescrevem e proscrevem o desenvolvimento de produtos e



processos nanotecnológicos, de forma a garantir a segurança ambiental, ocupacional e sanitária de toda a sua cadeia de valor;

XXI – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO): programa formado por um conjunto de laboratórios direcionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação em nanociências e nanotecnologias, tendo como característica essencial o caráter multiusuário e de acesso aberto a instituições públicas e privadas;

XXII – SibratecNANO: instrumento do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec) de aproximação, articulação e financiamento de projetos cooperativos entre micro, pequenas, médias e grandes empresas e Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) participantes do SisNANO;

XXIII – redes de inovação em nanotecnologia: redes de fomento da nanotecnologia e dos materiais avançados para incorporação da nanotecnologia em produtos e processos e serviços e fortalecimento da cultura da inovação na indústria e na academia;

XXIV – ecossistemas de inovação: ambientes agregadores entre empreendedores, indústrias e investidores para melhoria da infraestrutura e potencialização de arranjos institucionais e culturais, com foco no desenvolvimento da sociedade do conhecimento, que compreendem, entre outros, parques científicos e tecnológicos, cidades inteligentes, distritos de inovação e polos tecnológicos.” (NR)

**Art. 7º** A Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, passa a vigorar com as seguintes alterações:

“**Art. 3º** .....

§ 2º .....

VI – produzidos com insumos manufaturados brasileiros que tenham utilizado nanotecnologia ou novos materiais.

§ 5º .....

III – produtos manufaturados brasileiros que tenham utilizado a nanotecnologia ou novos materiais.

.....” (NR)

**Art. 8º** Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.



Sala da Comissão,

, Presidente

, Relator



## **TERMO DE REFERÊNCIA PRT3 / MPT NANOPARTÍCULAS / GESTÃO DE RISCOS**

### **I = Cabe ao empregador:**

#### **a – Informar aos trabalhadores:**

- a) os riscos ocupacionais relacionados ao trabalho com nanopartículas existentes nos locais de trabalho;**
- b) as medidas de controle adotadas pela empresa para reduzir ou eliminar a exposição do trabalhador às nanopartículas;**
- c) elaborar ordens de serviço sobre a gestão de riscos das nanopartículas, dando ciência aos trabalhadores;**

#### **b - Vedar no local de manipulação das NP:**

- a) a utilização de pias de trabalho para fins diversos dos previstos;**
- b) o ato de fumar, o uso de adornos e o manuseio de lentes de contato nos postos de trabalho;**
- c) o consumo de alimentos e bebidas nos postos de trabalho;**
- d) a guarda de alimentos em locais não destinados para este fim;**
- e) o uso de calçados abertos.**

### **II = Diretrizes Gerais para o Trabalho com NP**

- a) O trabalho de contenção, incluindo o nível de adequação das instalações e infraestrutura do local de trabalho, deve ser parte integrante do PPRA e ser implantado com base na abordagem do nível da faixa de risco da operação (Control Banding) - instruções estão no Anexo I - determinado a partir de uma matriz em função da probabilidade de exposição e da gravidade (perigo) da natureza da NP (exemplo: carcinogenicidade, mutagenicidade, irritação pele/olhos, etc.). O nível da faixa de risco da operação é classificado e para cada**

**faixa haverá ações específicas de controle dos riscos (trata-se de um enfoque totalmente qualitativo em que o risco não é mensurado, mas sim avaliado de forma probabilística).**

**b) uso de equipamentos de segurança individual.**

**III = Todos trabalhadores com possibilidade de exposição a NP devem utilizar vestimenta de trabalho adequada e em condições de conforto.**

**IV = A vestimenta deve ser fornecida sem ônus para o empregado.**

**V = Os trabalhadores não devem deixar o local de trabalho com os equipamentos de proteção individual e as vestimentas utilizadas em suas atividades laborais.**

**VI = O empregador deve providenciar locais apropriados para fornecimento de vestimentas limpas e para deposição das usadas.**

**VII = O trabalhador poderá interromper suas atividades quando constatar que as medidas de segurança da gestão de riscos das nanopartículas não estão sendo adotadas, informando imediatamente ao seu superior hierárquico.**

**VIII = Os Equipamentos de Proteção Individual - EPI, descartáveis ou não, deverão estar à disposição em número suficiente nos postos de trabalho, de forma que seja garantido o imediato fornecimento ou reposição. O uso de luvas não exclui a lavagem das mãos.**

**IX = O empregador deve assegurar capacitação aos trabalhadores, antes do início das atividades e de forma continuada (mínimo, de 2 em 2 anos), emitindo a certificação da capacitação do trabalhador. O empregador deve comprovar para a inspeção do trabalho a realização da capacitação através de documentos**

que informem a data, o horário, a carga horária, o conteúdo ministrado, incluindo habilitação para operação de máquinas ou equipamentos, o nome e a formação ou capacitação profissional do instrutor e dos trabalhadores envolvidos.

## ANEXO I

### INSTRUÇÕES PARA A ABORDAGEM DO NÍVEL DE FAIXA DE RISCO DA OPERAÇÃO COM NP CB (Control Banding) NANOTOOL 2.0 \*

#### TERMO DE REFERÊNCIA – PRT3 / MPT NANOPARTÍCULAS / GESTÃO DE RISCOS

\* J Nanopart Res (2009) 11:1685–1704 - Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures (David M. Zalk Æ Samuel Y. Paik Æ Paul Swuste)

**Pontuação de gravidade:** É a soma de todos os fatores de gravidade. A pontuação máxima é 100. Dos 100 pontos, 70 pontos são baseados nas características do nanomaterial e 30 pontos são baseados nas características do seu material de origem. Assim, mais peso é dado às características da nanopartícula - NP, a saber: 0-25: Gravidade baixa, 26-50: Gravidade média, 51-75: Gravidade alta, 76-100: Gravidade muito alta.

1. **Reatividade da superfície** - Sabe-se que a química da superfície é um fator-chave que influencia a toxicidade das partículas inaladas. A atividade de radicais livres da superfície da partícula é o principal fator que influencia a reatividade geral da superfície do material. Os pontos deste quesito serão atribuídos com base em um julgamento qualitativo sobre se a reatividade da superfície é alta, média

ou baixa. Serão consultados estudos de pesquisa, quando disponível, para fazer o julgamento. Alto: 10 pts, Médio: 5 pts, Baixo: 0 pts, Desconhecido: 7,5 pts.

**2. Forma das partículas** - Estudos demonstraram que a exposição a partículas fibrosas como o amianto está associada a um risco aumentado de fibrose e câncer. Também foi demonstrado que estruturas tubulares, como nanotubos de carbono, causam inflamação e lesões em pulmões de ratos. Com base nessas informações, um maior escore de gravidade é dado às partículas fibrosas ou tubulares. Partículas com formas irregulares (que não sejam tubulares ou fibrosas) recebem um escore de gravidade médio porque geralmente têm áreas de superfície mais altas em relação a partículas isotrópicas (por exemplo, compactas ou esféricas). Tubular ou fibroso: 10 pts, Anisotrópico: 5 pts, Compacto ou esférico: 0 pontos, Desconhecido: 7,5 pontos.

**3. Diâmetro das partículas** - Com base na curva ICRP, partículas na faixa de 1 a 10 nm têm uma maior chance de aproximadamente 80% de depositar nos pulmões. Partículas na faixa de 10-40 nm têm uma chance de aproximadamente 50% de depositar no pulmões e partículas na faixa de 41 a 100 nm têm uma chance de aproximadamente 20% de se depositar nos pulmões. Com base nesta capacidade de se depositar nos pulmões (independentemente da região de deposição) e no fato de que partículas menores têm maior superfície total comparada com partículas maiores para uma dada concentração de massa, os seguintes pontos são atribuídos ao tamanho da partícula e usado para determinar a sua pontuação da gravidade. 1-10 nm: 10 pontos, 11-40 nm: 5 pontos, >41-100 nm: 0 pontos, Desconhecido: 7,5. pts.

**4. Solubilidade** - Vários estudos mostraram que nanopartículas inaladas pouco solúveis podem causar estresse oxidativo, levando a inflamação, fibrose ou câncer. Como as nanopartículas solúveis também podem causar efeitos adversos através da dissolução no sangue, pontos de gravidade também são atribuídos a nanopartículas solúveis, mas em menor grau do que as partículas insolúveis. Insolúvel: 10 pts, Solúvel: 5 pts, Desconhecido: 7,5 pts.

5. **Carcinogenicidade** - Os pontos são atribuídos com base se o nanomaterial é carcinogênico ou não. Sim: 6 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 4,5 pts.

6. **Toxicidade reprodutiva** - Os pontos são atribuídos com base se o nanomaterial representa um risco reprodutivo ou não. Sim: 6 pts, Não: 0 pontos, Desconhecido: 4,5 pontos.

7. **Mutagenicidade** - Os pontos são atribuídos com base no fato do nanomaterial ser um mutagênico ou não. Sim: 6 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 4,5 pts.

8. **Toxicidade dérmica** - Os pontos são atribuídos com base em se o nanomaterial é um risco dérmico ou não. Sim: 6 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 4,5 pts.

9. **Alérgeno Asmático** - Os pontos são atribuídos com base em se o nanomaterial é um alérgeno asmático ou não. Sim: 6 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 4,5 pts.

10. **Toxicidade do material original** – O material de origem de algumas nanopartículas possui limites de exposição ocupacional (LEO). A toxicidade de partículas em nanoescala pode diferir significativamente da sua toxicidade relacionada às partículas maiores, no entanto, o LEO do material de origem pode ser um ponto de partida para se entender a toxicidade da NP. Os pontos são atribuídos de acordo com o LEO (limite de exposição ocupacional) do material de origem. <10 µgm-3: 10 pts, 10 µgm-3 - 100 µgm-3: 5 pts, 101 µgm-3 - 1 mgm-3: 2,5 pts,> 1 mgm-3: 0 pts Desconhecido = 7,5 pts.

11. **Carcinogenicidade do material original** - os pontos são atribuídos com base em se o material original é carcinogênico ou não. Sim: 4 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 3 pts.

12. **Toxicidade reprodutiva do material de origem** - os pontos são atribuídos

com base em se o material de origem possui risco reprodutivo ou não. Sim: 4 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 3 pts.

13. **Mutagenicidade do material original** - os pontos são atribuídos com base no fato de o material original ser um mutagênico ou não. Sim: 4 pts, Não: 0 pontos, Desconhecido: 3 pontos.

14. **Toxicidade dérmica do material original** - os pontos são atribuídos com base em se o material de origem possui risco dérmico ou não. Sim: 4 pts, Não: 0 pts, Desconhecido: 3 pts.

15. **Material de origem é alérgeno asmático** - os pontos são atribuídos com base no fato de o material de origem ser um alérgeno asmático ou não. Sim: 4 pts, Não: 0 pontos, Desconhecido: 3 pontos.

**Pontuação de probabilidade:** É a soma de todos os fatores de exposição. A pontuação máxima é 100. Esses fatores determinam até que ponto os funcionários podem ser potencialmente expostos a NP, principalmente por inalação, mas também por contato dérmico.

Escala: 0-25: Extremamente improvável, 26-50: Menos provável, 51-75: Provável, 76-100: Provável.

1. **Quantidade estimada de produto químico usado durante a tarefa.** > 100 mg: 25 pts, 11-100 mg: 12,5 pts, 0-10 mg: 6,25 pts, Desconhecido: 18,75 pts.

2. **Poeira / névoa** - Os pontos são atribuídos de acordo com o nível de poeira / névoa do material. Os pontos serão atribuídos com base em uma estimativa do nível relativo de poeira / névoa da NP. Alta: 30 pts, Média: 15 pts, Baixa: 7,5 pts, Nenhuma: 0 pts, Desconhecido: 22,5 pts.

**Atenção:** Quando “Nenhuma” é escolhida para o nível de poeira / névoa, isso automaticamente faz com que a pontuação geral de probabilidade seja “Extremamente improvável”, independentemente de quais são os outros fatores de probabilidade.

**3. Número de funcionários com exposição semelhante** - Os pontos são atribuídos de acordo com o número de funcionários autorizados para a atividade. > 15: 15 pontos, 11-15: 10 pontos, 6-10: 5 pontos, 1-5: 0 pontos, Desconhecido: 11,25 pontos.

**4. Frequência de operação** - Os pontos são atribuídos de acordo com a frequência da operação. Diariamente: 15 pts, Semanal: 10 pts, Mensal: 5 pts, Menos do que mensal: 0 pts, Desconhecido: 11,25 pts

**5. Duração da operação** - Os pontos são atribuídos de acordo com a duração da operação. > 4 horas: 15 pts, 1-4 horas: 10 pts, 30-60 min: 5 pontos, Menos de 30 min: 0 pontos, Desconhecido: 11,25 pontos.

Severity factor	Maximum pts (revised)
Surface chemistry (NM)	10
Particle shape (NM)	10
Particle diameter (NM)	10
Solubility (NM)	10
Carcinogenicity (NM)	6
Reproductive toxicity (NM)	6
Mutagenicity (NM)	6
Dermal toxicity (NM)	6
<i>Asthmagen</i> (NM)	6
Toxicity (PM)	10
Carcinogenicity (PM)	4
Reproductive toxicity (PM)	4
Mutagenicity (PM)	4
Dermal hazard (PM)	4
<i>Asthmagen</i> (PM)	4

Probability factor	Maximum pts (revised)
Estimated amount of nanomaterial	25
Dustiness/mistiness	30
Number of employees with similar exposure	15
Frequency of operation	15
Duration of operation	15

Maximum probability score

100

Maximum severity score

100

		<i>Probability</i>			
		Extremely unlikely (0-25)	Less likely (>25-50)	Likely (>50-75)	Probable (>75-100)
<i>Severity</i>	Very High (>75-100)	RL 3	RL 3	RL 4	RL 4
	High (>50-75)	RL 2	RL 2	RL 3	RL 4
	Medium (>25-50)	RL 1	RL 1	RL 2	RL 3
	Low (0-25)	RL 1	RL 1	RL 1	RL 2

**Probabilidade:**  
 0 -25: extremamente improvável  
 25 – 50: pouco provável  
 50 – 75: provável (chance de ocorrer)  
 75 – 100: provável (chance de ocorrer mais verdadeira)

**Ações a serem implantadas:**

**RL 1: Ventilação Geral**

**RL 2: Capelas de exaustão ou ventilação local por exaustão**

**RL 3: Contenção**

**RL 4: Procure aconselhamento especializado**







 MPT | 2024

ISBN: 978-65-89468-37-0



9 786589 468370