Nanotecnologia e sua importância no contexto brasileiro

Valdinéia Barreto Ferreira

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

FERREIRA, V.B. Nanotecnologia e sua importância no contexto brasileiro. In: *E-science e políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil* [online]. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 97-106. ISBN: 978-85-232-1865-2. <https://doi.org/10.7476/9788523218652.0007>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

NANOTECNOLOGIA E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO BRASILEIRO

Demoramos muito tempo para aprender que tudo na natureza é feito de átomos, agora estamos aprendendo a fazer tudo a partir dos átomos.

(Cylon Silva)¹

A Ciência e a Tecnologia desempenham um papel transformador na sociedade. A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) possuem papéis semelhantes e não menos transformadores. A sugestão de que estes termos sejam fundidos e passem a ser denominados de nanotecnociência é uma prerrogativa que Schulz (2008) apresenta. São campos emergentes da atividade científica e atuam com a manipulação de estruturas em esferas nanométricas² como as moléculas e os átomos. Entretanto, têm causado na sociedade contemporânea imensa repercussão, por representarem respectivamente o estudo e a aplicação tecnológica realizadas em escala nanométrica.

A Nanociência e a Nanotecnologia são associadas a termos como revolução invisível, miniaturização de estruturas, revolução industrial, admirável mundo novo, ficção científica, ciência e tecnologia dos materiais, entre ou-

1 A autoria desta frase é atribuída a Cylon Gonçalves da Silva conforme Schulz (2008, p. 2).

2 A escala nanométrica refere-se à medida que tem por base o nanômetro (nm) que equivale à bilionésima parte de um metro.

tros. Dos materiais produzidos com a aplicação da nanotecnologia derivam estruturas como: cristais sintéticos diversos, desde diamantes até os cristais de silício com os quais se fabricam os *chips* dos computadores; materiais magnéticos para gravação e armazenamento de dados; ligas diversas para a indústria mecânica; materiais plásticos e vítreos; e ainda grande variedade de materiais com propriedades específicas e otimizadas para aplicações industriais diversas (CHAVES, 2002).

A meta de dominar parte, pequena que seja, do virtuosismo da natureza na organização da matéria átomo por átomo, molécula por molécula é atribuído à N&N, como destaca Chaves (2002). Apesar do caráter de atualidade que encobre os estudos na área, desde a antiguidade existem indícios da suspeita da existência de estruturas bem pequenas, as nanoestruturas. Essa é uma observação que Santos Junior (2011, p. 23, grifo do autor) resgata ao se referir a N&N e destacar sua importância no campo científico.

Estamos falando como já apontado [...] da nanociência e da nanotecnologia, que aparecem como o mais amplo salto em direção ao controle e à manipulação de átomos, antigo sonho de muitos cientistas e que já foi capítulo de alguns ‘contos de fadas científicos’.

Vale lembrar que desde os tempos de Leucipo de Mileto e Demócrito de Abdera (séc V a.C.) já havia uma suspeita de que a matéria era composta de pequenas estruturas que seriam a sua parte indivisível. Ao contrastar a aparência de um tronco de árvore com as cinzas (produto de uma mesma unidade - a árvore), os atomistas gregos não encontraram nada em comum. Intuíram, então, a existência de uma estrutura capaz de explicar a relação entre os dois elementos. Daí provém o nome átomo, ou melhor, á-tomo, ou seja, aquilo que não pode mais ser quebrado ou dividido em partes.

Resgates outros sobre a utilização de nanopartículas em lugares e contexto histórico passado são pontuados também por Ferreira e Rengel (2009, p. 1861), conforme descreve-se a seguir:

Os chineses, embora sem ter consciência disso, já aplicavam a nanotecnologia, ao empregarem nanopartículas de carvão em solução aquosa para produzir a tinta nanquim. Na Europa, o colorido dos vitrais das igrejas medievais, tão ricamente trabalhados pelos artesões, era o resultado da formulação do vidro com nanopartículas de ouro. A famosa Taça de Licurgus, do século IV d.C, que exibe uma cor verde quando a luz é refletida, mas é vermelha sob luz transmitida, é na realidade constituída por nanopartículas de ouro e prata.

A invenção do microscópio de varredura por tunelamento, *Scanning Tunneling Microscope* (STM), em 1981, por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, do laboratório da IBM em Zurique é considerado como um dos feitos mais importantes para o desenvolvimento da N&N (CHAVES, 2002). Esse equipamento permite a visão e manipulação das nanoestruturas, um grande passo que impulsionou o deslanchar de uma área emergente, com inserção em vários segmentos da sociedade, um impacto científico e econômico crescente para a população mundial.

Algumas áreas de inserção da Nanotecnologia são pontuadas de modo resumido na Figura 6, e permite vislumbrar a dimensão das aplicações e frentes de atuação que a área congrega. Fica evidente a interdisciplinaridade presente e a contribuição que essa diversidade representa em termos de benefícios para a sociedade. Medicina, Química, Física, Engenharia, Biologia e Informática são apenas alguns exemplos de seu escopo de abrangência.

A prática científica realizada por campos do conhecimento tão distintos passa a fundir-se e derivar produtos que vêm transformando o dia a dia da sociedade contemporânea. Representa implicações que interferem na vida cotidiana, e estão cada vez mais próximas e a infiltrar-se de modo quase invisível nas vidas humanas. Os resultados das aplicações de Nanotecnologia, benéficos ou não, são questões nas agendas de discussões mundiais e o Brasil não pode furtar-se de inserir-se nelas.

Figura 6 – Áreas de inserção da Nanotecnologia e aplicações

Fonte: Adaptado de Nanotecnologia (2009).

A literatura que cobre a temática está repleta de indicações e detalhes que permitem ampla visibilidade do potencial robusto e detalhado sobre o assunto. No Quadro 5, são pontuadas mais algumas aplicações desta tecnologia tão presente na rotina da sociedade que ainda nem se apercebeu, como deveria, das implicações que ela vem acarretando para sua vida. Uma inserção quase que imperceptível mas consistente e crescente, em segmentos industriais e de serviços, além da medicina, agricultura, segurança entre outros, marcando a revolução que aplicações dessa natureza estão acarretando na sociedade mundial de modo irreversível.

Quadro 5 – Aplicações da Nanotecnologia

Automotiva, Materiais		Materiais leves, mais resistentes, mais maleáveis. Catalisadores mais eficientes, ferramentas de corte mais duras, fluidos magnéticos inteligentes etc. Novos microscópios e instrumentos de medida, ferramentas para manipular a matéria em nível atômico, bioestruturas, pneus mais duráveis, plásticos não inflamáveis e mais baratos etc.
Computação, Nanoeletrônica		Nanofios, nanodiodos e nanotransistores, fotoisomerismo, computadores quânticos. Aumento da eficiência no armazenamento de dados e velocidade de processamento, além de uso reduzido de energia. Com a tecnologia do Fotoisomerismo é possível armazenar o conteúdo de 300 DVD's convencionais num cubo do tamanho de um dado.
Agricultura		Agricultura de precisão, certificados de qualidade, criação de aparelhos como a Língua eletrônica a base de nanosensores. Desenvolvimento de revestimentos comestíveis em frutas através de biopolímeros.
Medicina		Terapia Fotodinâmica, cosméticos - nano, aumento da velocidade dos diagnósticos, medicina menos invasiva, redução de rejeições em transplantes. Novos medicamentos baseados em nanoestruturas, kits de autodiagnóstico, materiais para regeneração de ossos e tecidos etc.
Segurança, Aeronáutica		Detetores de agentes químicos e orgânicos, circuitos eletrônicos mais eficientes, sistemas de observação miniaturizados, tecidos mais leves, confecção de coletes à prova de balas, vidros blindados. Aviões equipados com nanosensores e inteligência artificial à base de computação quântica.
Meio Ambiente		Nanoimãs hidrofóbicos, quando dispersos em uma mistura água/óleo dispersam-se na fase óleo tornando-o magnético. Facilitam a sua remoção da água.

Fonte: Elaboração da autora baseada em Santos Júnior (2011, p. 32).

Mundo das nanoestruturas: conceito, origem e fundamentos da Nanotecnologia

Nanotecnologia é uma área do conhecimento que causa muita curiosidade e expectativa, especialmente para a parcela da sociedade na qual o tema é pouco difundido. Um mundo desconhecido e cheio de mistérios que pouco a pouco vem sendo desmistificado. É evidente a preocupação em levar para a população uma melhor compreensão.

A etimologia do termo nano, prefixo da palavra nanotecnologia, é atribuída ao grego *nanno-*, de *nános* ‘anão’, e tem sua origem documentada em vocábulos eruditos, a partir do século XIX (CUNHA, 2011). A este prefixo é creditada a intenção dos cientistas de representarem partículas de magnitude demasiadamente pequenas, os nanômetros (nm), conforme destaca Santos Júnior (2011). Esse autor ainda reitera que o termo “nano também serve como parâmetro de medida, um nanômetro (nm) equivalendo à bilionésima parte de um metro.”

A demonstração da escala nanométrica é apresentada na Figura 7 e ilustra como as nanoestruturas podem ser representadas em dimensões dezenas de

mil vezes menor do que a do diâmetro de um fio de cabelo, como no exemplo apresentado. Santos Junior (2011, p. 29) acrescenta ainda que “para termos uma noção mais clara, um átomo mede cerca de dois décimos de um nanômetro (0,2 nm) e um vírus cerca de 100 nanômetros (100nm).”

Figura 7 – Representação de nanoestruturas em uma escala nanométrica

Fonte: Adaptado de TECSAUGEM (2016).

A origem da utilização do termo nanotecnologia possui diversas indicações na literatura científica. A palestra proferida por Richard Fernman em 1959, é creditada como marco fundador da área. Ao engenheiro japonês Norio Taniguchi é atribuído à utilização do termo pela primeira vez, em 1974, quando ele o utilizou para designar uma nova tecnologia que ia além do controle de materiais e da engenharia em microescala. Encontram-se também na literatura referências a Eric Drexler como grande disseminador do vocábulo para o grande público, ao atribuir ao termo o significado correspondente à metodologia de processamento que envolve a manipulação átomo a átomo (FERREIRA; RANGEL 2009; SCHULZ, 2013).

Entretanto, o professor Schultz (2013) conta uma história um pouco diferente³ e faz uma incursão a um passado bem mais remoto do que é comumente apresentado nos manuais de introdução à Nanotecnologia, ao referir-se à história da N&N. Segundo o autor, contar a história da Nanotecnologia sem o devido resgate de suas origens, nada acrescenta a sua compreensão como uma atividade humana de pesquisa e inovação, com importante repercussão social. Contudo, ele ressalva que essa contribuição serve como ponto de partida para a construção de um olhar diferente sobre a temática. A Nanotecnologia é definida conforme Zaneti-Ramos e Creczynski-Pasa (2008, p. 95) como:

[...] a arte de manipular a matéria em nível atômico, construindo moléculas inéditas, com propriedades diferentes. A nanotecnologia encontra aplicações em praticamente todos os setores industriais e de serviços, incluindo as nanopartículas, os revestimentos, catalisadores e nanocomponentes. Muitas destas, já no mercado, revolucionam aplicações de diversos produtos, mudando radicalmente o custo produtivo de muitas indústrias, podendo tornar os produtos não nano alternativas, muitas vezes, não competitivas.

O trabalho realizado de modo incessante por pesquisadores da área contribui de modo satisfatório para atingir resultados que atendem às diversas frentes em que atuam, sejam científicas ou técnicas. No cenário mundial, o despertar para o potencial global da Nanotecnologia criou uma corrida em países, como Estados Unidos e Japão e em conglomerados representados pela União Europeia, em busca do desenvolvimento científico e tecnológico que desse conta da revolução anunciada. Os investimentos em recursos financeiros e humanos para atuar nessa frente de trabalho foram significativos, especialmente da indústria mundial.

São identificadas diversas iniciativas desses países, contudo, os Estados Unidos inicia em 2000, um programa considerado ambicioso pelo montante financeiro empregado. A National Nanotechnology Initiative (NNI) repre-

3 Para maiores detalhes sobre a “história um pouco diferente” consultar o artigo de Schulz (2013).

senta um programa de pesquisa e desenvolvimento em Nanotecnologia que aumentou as despesas federais em somas altíssimas, um investimento pesado na tecnologia emergente. De modo normativo é assegurada a continuidade do programa pelos anos seguintes de 2005 a 2008 (ZANETI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008).

O Japão, a China, a Coreia do Sul, Taiwan, Austrália, Canadá, Índia, Malásia, Nova Zelândia, Filipinas, entre outros, são exemplos de países que seguiram os passos dos Estados Unidos e passaram a fazer investimentos governamentais em pesquisas na área de Nanotecnologia. A China também lançou um programa semelhante ao dos Estados Unidos, em 2001, o National Nanotechnology Development Strategy (NNDS), o qual cobria o período de 2001 a 2010. Os estudos desenvolvidos na área realizam-se em um ambiente colaborativo e interdisciplinar, cercado da contribuição global entre países, comunidades profissionais e organizações internacionais (PLENTZ; FAZZIO, 2013; ZANETI-RAMOS; CRECZYNSKI-PASA, 2008).

A movimentação em torno da tecnologia emergente chega ao Brasil. Atualmente, conforme Plentz e Fazzio (2013, p. 23) destacam, “todos os países ditos desenvolvidos e um número grande e crescente de países emergentes e em desenvolvimento têm iniciativas e programas nacionais em N&N, inclusive o Brasil”. As primeiras iniciativas de cunho oficial registradas na área começam no ano de 2000, com reuniões no âmbito do MCT sobre o desenvolvimento futuro da N&N no país.

Contudo, é importante registrar que em anos anteriores a 2001 havia indícios de pesquisas na área de Nanotecnologia no país, conforme pontua Martins (2007, p. 9) ao afirmar: “sabemos de antemão que já existiam pesquisadores e grupos de pesquisadores trabalhando com nanotecnologia no século passado, bem como diversas teses defendidas sobre o assunto.”

A prevalência por formação em redes denota o cunho colaborativo da área e reforça a interdisciplinaridade latente. No Quadro 6, apresenta-se uma breve cronologia dos fatos marcantes para o desenvolvimento da Nanotecnologia no Brasil e destaca-se a ação governamental para o fomento de ações na área. Um desenho dos acontecimentos que evidenciam o crescimento desse domínio do

conhecimento no país e o interesse de outros por uma tecnologia considerada estratégica e de vanguarda.

Quadro 6 – Cronologia dos fatos relevantes para a área de Nanotecnologia no Brasil

FATOS RELEVANTES PARA A ÁREA DE NANOTECNOLOGIA NO BRASIL	
2000	Reunião seminal do CNPq/MCT sobre o desenvolvimento futuro da N&N no país.
2001	Criadas quatro redes cooperativas de pesquisa na área de Nanotecnologia: Rede de Nanonotecnologia Molecular e de Interfaces (Renami); Rede de Nanodispositivos, Semicondutores e Materiais Nanoestruturados (NanoSemiMat); Rede de Nanobiotecnologia (NanoBioTec); e a Rede de Materiais Nanoestruturados (Nanoest). Todas essas com fomentos provenientes do CNPq/MCT. Foram também apoiados quatro Institutos (Virtuais) do Milênio na área.
2002	A Capes concede seis bolsas de doutorado para o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em convênio firmado entre a Capes e a Associação Brasileira de Luz Síncrotron (ABTLuS) mantenedora do laboratório.
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia, atualmente Coordenação de Micro e Nanotecnologias (CGNT).
2003	Criação do Grupo de Trabalho (GT) pela portaria MCT n° 252, de 16.05.2003, para elaborar a proposta do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia.
2004	Início do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia no âmbito do Plano Plurianual (PPA) 2004- 2007.
2004	Criação do Grupo de Trabalho para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e Nanotecnologia.
2004	Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais.
2004	Instituída a Rede BrasilNano e seu Comitê Gestor pela portaria n° 614, de 1° de dezembro de 2004, composta por dez redes de pesquisa em Nanotecnologia: Rede de Nanofotônica; Rede Nacional de NanoBiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados (NanoBioEstruturas); Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces – Estágio III; Nanotubos de Carbono: ciência e Aplicações; Nanocosméticos: do Conceito às Aplicações Tecnológicas; Microscopia de Varredura de Sondas – Software e Hardware Abertos; Simulação e Modelagem de nanoestruturas; Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados; Nanoglicobiotecnologia; Rede de Nanobiomagnetismo.
2005	Designados os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano.
2005	Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN).
2005	Assinado o Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina criando o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN).
2005	Selecionadas dez Redes Nacionais de Nanotecnologia, com atuação prevista para o período 2006-2009.
2006	Início de atividades do CBAN.
2007	Lançamento do Plano de Ação em C&T&I - PACTI, cujas ações são executadas de forma articulada e coordenada por diversos Ministérios, tendo à frente o MCT.

2008	Inauguração do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, construído no campus do LNLS, em março de 2008.
2008	Lançamento pelo Governo Federal da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) em maio de 2008. Integra a PDP o Programa Mobilizador em Nanotecnologia, cuja gestão está a cargo do MCT.
2008	Lançada chamada para o Programa INCTs que contempla as oito áreas estratégicas do PACTI 2007-2010, dentre elas a de Nanotecnologia.
2008/ 2009	Esforço conjunto entre MCT, MDCl e a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) para divulgação da Nanotecnologia no setor privado, ressaltando sua relevância estratégica como ferramenta para inovação.
2009	Lançamento do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia como ferramenta estratégica de apoio às iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP. Criação de quatro GTs.
2010	Apoio a 17 novas redes cooperativas através do edital MCT/CNPq n° 74/2010.
2011	Aberta uma chamada pública MCTI/CNPq n° 17/2011. Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanotoxicologia e nanoinstrumentação.
2012	Lançamento do Edital MCTI/CNPq n° 16/2012 pela CGNT em conjunto com o CNPq, para apoiar tecnologias inovadoras e/ou aumento da produção, prototipagem de escala em nanotecnologia e que apoio 25 projetos com investimento total de pouco mais de R\$ 6 milhões.
2013	Ação do MEC e da Capes em acordo de cooperação entre Portugal e Espanha na área de Nanotecnologia
2014	Lançamento da Chamada INCT-MCTI/CNPq/Capes/FAPs n° 16 de 2014, em continuidade ao Programa INCTs.
2016	Resultado da Chamada INCT-MCTI/CNPq/Capes/FAPs n° 16 de 2014, divulgado no dia 11 de maio de 2016, com 230 INCTs pré-aprovados.

Fonte: Elaboração da autora baseada em dados de pesquisa e informações do CNPq (2016b), Plentz e Fazio (2013).

Após a sinalização de algumas medidas adotadas no âmbito governamental, ficou evidente os esforços despendidos pelo governo em iniciativas que buscavam o desenvolvimento e fortalecimento da Nanotecnologia no país. A pesquisa desenvolvida analisou a *e-Science* e as práticas colaborativas voltadas à inovação e a ela associadas, no âmbito dos INCTs da área de Nanotecnologia. Justificou-se desse modo, a incursão realizada pela pesquisadora, no âmbito das iniciativas para desenvolvimento da N&N, um esforço no sentido de entendimento e apropriação das questões peculiares ao fomento de pesquisas na área.