

## Situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnologia no Brasil

ALEXYS BRUNO ALFONSO\*

### INTRODUÇÃO

Entendemos por nanociência a área do conhecimento sobre moléculas, estruturas supra-moleculares e materiais, de tipo inorgânico, orgânico ou misto, em que são utilizados procedimentos de visualização, fabricação, processamento e controle na escala do nanômetro. Já a nanotecnologia dedica-se ao aproveitamento das propriedades dos objetos investigados pela nanociência na produção de dispositivos de utilidade aos seres humanos. Assim, embora físicos, químicos e biólogos estudaram sistemas de dimensões nanométricas ao longo do século XX, a nanociência somente seria reconhecida após o desenvolvimento de técnicas experimentais de alta resolução espacial, tais como o microscópio de força atômica (AFM) e o microscópio de varrido por tunelamento (STM), e de ferramentas teóricas e computacionais capazes de modelar de forma detalhada e eficaz os objetos nanométricos de interesse. Por essas razões, a nanociência tomou forma apenas nas últimas duas ou três décadas. Ela alimenta e impulsiona a nanotecnologia, ao mesmo tempo que nutre-se desta. De fato, países como o Brasil investem grandes quantidades de recursos em nanociência, visando os lucros que provavelmente virão dos avanços em nanotecnologia. Por exemplo, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) do Ministério de Ciência e Tecnologia, dedicou mais do que 630 milhões de reais (aproximadamente 370 milhões de dólares) entre 2006 e 2010, para apoiar pes-

quisa e inovação em nanotecnologia.<sup>1</sup> Os investimentos em nível nacional, no entanto, poderiam superar apreciavelmente esse valor, se fossem computados os investimentos do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e as fundações estaduais de apoio à pesquisa, tais como a FAPESP. Essas instituições contribuem auxiliando projetos de pesquisa de grande e médio porte, realizados principalmente nas Universidades.

Como parte das atividades da Rede NANODYF, os membros da mesma realizaram um levantamento sobre as atividades de divulgação e formação em nanociência e nanotecnologia desenvolvidas entre 2006 e 2010, nos dez países inicialmente representados (Espanha, Portugal, Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Cuba, México, Peru e Venezuela). Trata-se de uma tarefa árdua e cujo completamento é intrinsecamente difícil. Possíveis omissões são de responsabilidade única do autor, mas de forma alguma seriam deliberadas. Esperamos que os pesquisadores e inovadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia sintam-se representados, de forma direta ou indireta, neste manuscrito.

No Brasil, como descrevemos a seguir, foram realizadas muitas atividades no último quinquênio por uma grande comunidade composta de pesquisadores em NC & NT, tanto renomados e quanto iniciantes. A partir desses dados e daqueles apresentados pelos representantes dos outros nove países durante a primeira reunião da Rede, ficou evidente que o Brasil é um dos membros com maior produção em Ibero-

\* Grupo Brasileiro da Rede NANODYF. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista. Bauru, SP, Brasil. <alexys@fc.unesp.br>.

<sup>1</sup> Dados fornecidos pelo Sr. Rogério Amaury de Medeiros, Chefe do Departamento de Acompanhamento, Avaliação e Gestão da Informação - DAGI / APLA, Finep.

américa nos temas de interesse. Além disso, observou-se que parte das produções devem-se a parcerias estabelecidas com países representados na Rede, tais como a Argentina e o México. A nossa expectativa é de que o Brasil obtenha um retorno cultural, econômico e social que justifique os investimentos feitos e que contribua, através de iniciativas internas e externas tais como a Rede NANODYF, para o desenvolvimento da nossa região.

Para a realização de atividades de divulgação e formação em Nanociência e Nanotecnologia (NC & NT) que visem interesses e levem em conta especificidades da nossa região, faz-se necessário o envolvimento de recursos humanos qualificados e a criação e manutenção de instituições e organizações nacionais. Naturalmente, a grande maioria dos os institutos, faculdades e departamentos de Física, Química e Biologia nas Universidades e Instituições de Pesquisa nacionais fazem constantes contribuições em Nanociência. Dentre os Laboratórios com maior visibilidade, encontram-se:

- Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes - C2Nano (com sede no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Campinas, SP).
- LabNano: Laboratório Multiusuário de Nanociência e Nanotecnologia (com sede no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, RJ).
- Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio – LNNA (com sede na Embrapa, São Carlos, SP).
- Também há vários Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) financiados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia<sup>2</sup> (MCT):
- INCT em Nanobiofarmacêutica (com sede na Universidade Federal de Minas Gerais, MG).
- INCT em Nanobiotecnologia do Centro-Oeste e Norte (com sede na Universidade de Brasília, DF).

- INCT de NanoBioEstruturas e Simulação NanoBioMolecular (com sede na Universidade Federal do Ceará, CE).
- INCT de Ciências dos Materiais em Nanotecnologia (com sede na Universidade Estadual Paulista, SP).
- INCT de Catálise em Sistemas Moleculares Nanoestruturados (com sede na Universidade Federal de Santa Catarina, SC).
- INCT em Materiais Complexos Funcionais (com sede na Universidade Estadual de Campinas, SP)
- INCT de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (com sede na Universidade Estadual de Campinas, SP).
- INCT de Nanomateriais de Carbono (com sede na Universidade Federal de Minas Gerais, MG).
- INCT de Nanodispositivos Semicondutores (com sede na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ).
- INCT de Nanotecnologia para Marcadores Integrados (com sede na Universidade Federal de Pernambuco, PE).

Observa-se que, em conjunto, as atividades desses institutos demonstram o caráter interdisciplinar da nanociência e a nanotecnologia. As atividades de pesquisa e inovação nessas áreas têm sido impulsionadas também por Redes de colaboração, tais como as seguintes:

- Rede NanoCETENE
- Rede de Nanofotônica
- Rede Nacional de Nanobiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados.
- Rede Nacional de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces.
- Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos de Carbono.
- Rede Nacional de Nanocosméticos: do Conceito às Aplicações Tecnológicas.
- Rede Nacional de Microscopias de Varreduras de Sondas - Software e Hardware Abertos.

<sup>2</sup> <[http://www.cnpq.br/programas/inct/\\_apresentacao/por\\_tema.html](http://www.cnpq.br/programas/inct/_apresentacao/por_tema.html)>.

- Rede Nacional de Simulação e Modelagem de Nanoestruturas e Materiais Complexos.
- Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados.
- Rede Nacional de Nanoglicobiotecnologia.
- Rede Nacional de Nanobiomagnetismo.
- Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.
- Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia
- Centro Virtual Brasileiro-Mexicano de Nanotecnologia.
- Rede Latinoamericana de Nanotecnologia e Sociedade.
- Rede AgroNano.

Cabe ressaltar que maior parte redes nacionais recebem apoio do Ministério de Ciência e Tecnologia, e que há redes de colaboração em nível de Latinoamérica. É nesse mesmo espírito de colaboração internacional que a rede NANODYF está trabalhando.

A seguir, nas seções II e III são citadas atividades brasileiras de divulgação e formação em NC & NT, respectivamente.

## DIVULGAÇÃO

As principais atividades de divulgação dos resultados das pesquisas nacionais em NC & NT são os eventos locais, regionais, nacionais e internacionais. Neles têm participado especialistas e estudantes, e sua repercussão para o grande público é maiormente indireta. Dentre esses eventos, destacamse os seguintes:

- *II Workshop em Nanociências*, Santa Maria, RS, 2007, organizado pelo Centro Universitário Franciscano – Unifra.
- *Nano 2008 – 9th International Conference on Nanostructured Materials*, Rio de Janeiro, RJ, 2008, organizado pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.
- *I Simpósio Paulista de Nanotecnologia*, Araquara, SP, 2008, Organizado pelo Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos – FAPESP.
- *Simpósio: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA*, Campinas, SP, 2008, organizado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.
- *Simpósio: NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE*, Campinas, SP, 2008, organizado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.
- *III Workshop em Nanociências*, Santa Maria, RS, 2008, organizado pelo Centro Universitário Franciscano – Unifra.
- *Workshop: Nanotecnologias para o Nordeste*, Recife, PE, 2009, organizado pelo Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), com apoio do Ministério de Ciência e Tecnologia.
- *4º Encontro da Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos e 1º Encontro do INCT de Nanomateriais de Carbono*, Niterói, RJ, 2009, apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa.
- *Workshop em NanoBioEstruturas e NanoBioMoléculas*, Natal, RN, 2009, apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa.
- *Workshop: Nanotecnologia na América do Sul: Desenvolvimento e Implicações Sociais*, Curitiba, PR, 2009, apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa.
- *IV Workshop em Nanociências*, Santa Maria, RS, 2009, organizado pelo Centro Universitário Franciscano – Unifra.
- *Workshop to Develop a Pan-American Nanotechnology Network (PNN) as part of the GNN*, Rio de Janeiro, RJ, 2009, organizado pela Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais.
- *Workshop on Nanoscale Science, Technology and Innovation*, Rio de Janeiro, RJ, 2010, organizado pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.
- *II Simpósio Paulista de Nanotecnologia*, Bauru, SP, 2010, organizado pelo Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos – FAPESP.
- *Graphene Brazil 2010*, Belo Horizonte, MG, 2010, organizado pelo INCT de Nanomateriais de Carbono.

- *7ª Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, RJ, 2010, organizado pela Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.
- *Nanoagri - International Conference on Food and Agriculture Applications of Nanotechnologies*, São Pedro, SP, 2010, Organizado pela Embrapa.
- *V Workshop em Nanociências*, Santa Maria, RS, 2011, organizado pelo Centro Universitário Franciscano – Unifra.
- *International Conference Nanoscale Materials and Devices for Energy Conversion, Storage and Biosensors*, Natal, RN, 2011, apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa.
- *I Workshop de Nanotecnologia Aplicada da Amazônia*, Belém, PA, 2011, organizado pela Universidade Federal do Pará.
- *5ª Escola de Nanociência e Nanotecnologia da UFRJ*, Rio de Janeiro, RJ, 2011, organizado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Vale ressaltar que também houve nesse período uma quantidade grande de eventos em áreas como Física, Química, Biologia, Ciência de Materiais, nos quais houve certamente apresentação de resultados relevantes em Nanociência e Nanotecnologia.

No período analisado, aconteceram outros eventos de impacto direto na população, dentre os quais podemos citar:

- NanoAventura, feira de ciências organizada pelo Museu Exploratório de Ciências, da Universidade Estadual de Campinas, SP. Trata-se de um evento dirigido fundamentalmente aos jovens estudantes, mas aberta à população em geral. A feira recebeu prêmio internacional.
- Nanotec Expo, Feira e Congresso Internacional de Nanotecnologia, organizada pela Empresa Promove, tendo como público alvo o setor empresarial.

O grande público também teve oportunidade de conhecer sobre nanociência e nanotecnolo-

gia através da difusão televisiva de canais abertos nacionais tais como a Rede Cultura e a Rede Globo, e o canal fechado Globo News. Além disso, com o aumento do acesso à rede de computadores no Brasil, é possível obter informações desse tipo em sites tais como [http://www.mc.unicamp.br/atividades/nano\\_aventura/](http://www.mc.unicamp.br/atividades/nano_aventura/) e <http://www.nano.ufrj.br/sobre.html>.

Como divulgação ampla e permanente em NC & NT, é muito importante destacar os artigos e livros publicados. Dentre os artigos podemos citar os seguintes:

- *Nanotecnologia: Novas Questões Éticas para o Brasil, Dimensões Legais E Sociais numa Abordagem Interdisciplinar*, por Marise Borba da Silva, Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas, v. 4, n. 46, pp. 1-17 (2003).
- *Nanotecnologia E O Meio Ambiente: Perspectivas E Riscos*, por Frank H. Quina, Química Nova, v. 27, n. 6, pp. 1028-1029 (2004).
- *O futuro da nanotecnologia no Brasil. Vinte anos não são nada?*, por Marcelo Knobel, Ciência e Cultura, v.57, n. 1, pp. 4-5 (2005)
- *O que é Nanociência e para que serve a Nanotecnologia?*, por Peter A.B. Schulz, A Física na Escola, v. 6, n. 1, pp. 58-62 (2005).
- *Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia*, por Luiz Paulo Cadioli, Luzia Dizulina Salla, Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v.1, n.1, pp. 98-105 (2006).
- *Brasil aposta na nanociência e nanotecnologia (Entrevista: Cylon Gonçalves da Silva)*, por Simone Pallone e Wanda Jorge Inovação Uniemp, v.2, n.1, pp. 6-9 (2006).
- *QUÍMICA DE (NANO)MATERIAIS*, por Aldo J. G. Zarbin, Química Nova, v. 30, n. 6, 1469-1479 (2007).
- *A NOVA CONVERGÊNCIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA*, por Esper A. Cavalheiro, Novos Estudos, v. 78, pp. 23-30 (2007).
- *O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos*, por Betina G. Zanetti-Ramos, Tânia B. Cre-

- czynski-Pasa, Revista Brasileira Farmácia, v. 89, n. 2, pp. 95-101 (2008).
- *NANOTECNOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DO ENFOQUE CTS: UMA VIAGEM A LILLIPUT*, por Rodrigo Siqueira Batista e outros, Revista Ciências & Ideias, v. 1, n.1, pp. 76-86 (2009).
  - *Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio*, por Suzeley Leite Abreu Silva, Marcelo Machado Viana e Nelcy Della Santina Mohallem, Química Nova na Escola, v. 31, n. 3, pp. 172-178 (2009).
  - *OS IMPACTOS DAS NANO-TECNOLOGIAS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA*, por Soraia de Fátima Ramos e outros, Informações Econômicas, v. 40, n. 6, pp. 42-55 (2010).
  - *Resenhas Biblio-gráficas: A ENCRUZILHADA DA NANO-TECNOLOGIA: INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E RISCOS*, por Flávia Ferreira dos Santos, Revista de Administração Contemporânea, v. 14, n. 5, pp. 983-985 (2010).
  - *ESTRATÉGIA SUPRAMOLECULAR PARA A NANOTECNOLOGIA*, por Koiti Araki, Química Nova, Vol. 30, No. 6, pp. 1484-1490 (2007).
  - *Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios)*, por Maria F. M. Fernandes e Carlos A. L. Filgueiras, Química Nova, v. 31, n. 8, pp. 2205-2213 (2008).
  - *Nanotecnologia - Introdução, Preparação e Caracterização de Nanomateriais e Exemplos de Aplicação*, por Luiz Henrique Capparelli Mattoso, ARTLIBER Editora, 2006.
  - *A Encruzilhada da Nanotecnologia*, Peter Schulz, Vieira & Lent Casa Editorial, 2009.
  - *Mundo Nanométrico, O: A Dimensão do Novo Século*, por Henrique E. Toma, Oficina de Textos, 2009.
  - *Nanotecnologia para o Mercosul*, UNESCO/Brasil, Brasília: UNESCO, MBC, RECYT/MERCOSUL, CNPq, 2010.

Também merecem destaque livros de ficção científica que popularizam os temas de nanociência e nanotecnologia:

- *Nanocarbon: a Maior Fonte de Energia do Planeta nas Mãos de um Monopólio Implacável*, por ALAOR CHAVES, Editora LTC, 2007.
- *Nano*, por Rogério Marcchi, Editora Multifoco, 2010.

## FORMAÇÃO NOS TRÊS NÍVEIS DE ENSINO

- **Nível fundamental**  
Não há registro de abordagem sistemática de temas de Nanociência e Nanotecnologia.
- **Nível médio**  
Não há registro de abordagem sistemática de temas de Nanociência e Nanotecnologia. No entanto, existe produção bibliográfica que discute as potencialidades da introdução desses temas no nível médio.<sup>3</sup>
- **Nível Universitário**  
Há muitos cursos nas áreas de Física, Química e Biologia que abordam temas de NC & NT. Citamos aqui apenas os três cursos que mencionam explicitamente os termos Nanociência ou Nanotecnologia:
  - o Engenharia em Nanotecnologia, oferecido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC – Rio).

No entanto, a consulta de revistas é hábito de um pequeno setor da sociedade, que inclui docentes e estudantes universitários, e alguns empresários. Os livros publicados são meios de divulgação mais abrangentes, disponíveis nas livrarias e de leitura mais fácil. O Brasil já conta com algumas publicações desse tipo:

- *Aplicações da Física Quântica do Transistor à Nanotecnologia*, por Alaor S. Chaves, Eduardo C. Valadares, Esdras G. Alves, Editora Livraria da Física, 2005.
- *Nanotecnologia: Os Riscos da Tecnologia do Futuro*, pelo Grupo ETC, Editora L&PM Editores, 2005.

<sup>3</sup> <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0556-1.pdf>>.

- o Nanotecnologia (Licenciatura), oferecido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
- o Mestrado em Nanociências, oferecido pelo Centro Universitário Franciscano (Unifra).

## CONCLUSÕES

Os dados levantados permitem concluir que o Brasil tem produzido resultados científicos e material de divulgação apreciável em linhas de pesquisa e inovação jovens, tais como a nanociência e a nanotecnologia. Há contribuições de várias regiões do país, com destaque para a região sudeste. Além disso, parte das atividades ocorrem em colaboração com outros países. Dentre as atividades de divulgação, destaca-se a feira Nanoaventura, desenhada especialmente aos jovens estudantes e ganhadora de prêmio internacional.

Na área de formação, há cursos de ensino superior em nanociência e nanotecnologia, não há registro de abordagem sistemática desses temas nos níveis fundamental e médio de ensino. É preciso reconhecer também que a educação no Brasil, mesmo com todos os avanços conseguidos nas últimas décadas, passa por dificuldades em aspectos básicos como a infra-estrutura, a qualificação dos docentes, as condições de vida dos estudantes e sua motivação para o aprendizado. Poderia até parecer utópico, nessas condições, o ensino de Nanociência e Nanotecnologia. No entanto, na nossa apreciação, trata-se de uma necessidade cultural e econômica. Ao mesmo tempo, o sonho de muitos jovens de obter qualificação nessas áreas multiplicaria a motivação deles pelos estudos.

## RECOMENDAÇÕES

Há vários laboratórios, institutos e redes de pesquisadores dedicados a nanociência e nanotecnologia no Brasil. Seria recomendável que alguma organização coordenasse e unificasse parte das suas atividades. Ao mesmo tempo, há regiões aparentemente carentes nas atividades de interesse,

**IMAGEM 1.** Acelerador de partículas que produz radiação eletromagnética e permite a investigação de novos materiais no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), localizado na cidade de Campinas, Estado de São Paulo. Foto disponível em <<http://www.lnls.br/ar2009/PDF/fr01.pdf>>.



**IMAGEM 2.** Microscópio Eletrônico de Transmissão de Alta Resolução (TEM-HR) de 300 KeV, com resolução pontual de 1.7 Å, dedicado ao estudo de propriedades cristalográficas e químicas de materiais nano-estruturados. Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), localizado na cidade de Campinas, Estado de São Paulo. Foto disponível em <<http://www.lnls.br/ar2009/PDF/fr04.pdf>>.



**IMAGEM 3.** Sistema Nanolito, que permite fabricar objetos nanométricos mediante técnicas de litografia com feixe de elétrons baseado num Microscópio Eletrônico de Varredura (STM), no Laboratório Multiusuário de Nanociência e Nanotecnologia (LABNANO), instalado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/MCT), que está localizado na cidade do Rio de Janeiro. Foto disponível em <<http://portal.cbpf.br/index.php?page=Noticias.VerNoticia&id=394>>.



**IMAGEM 4.** Estudantes participando exposição “NanoAventura”, no Museu Exploratório de Ciências da Universidade Estadual de Campinas, localizada na cidade de Campinas, Estado de São Paulo. A exposição ganhou Prêmio Internacional de Melhor Projeto de Popularização da Ciência e da Tecnologia da América Latina e do Caribe. Foto disponível em <<http://www.mc.unicamp.br/novidades/artigo/282>>.



tais como o Norte e o Centro-Oeste. Quanto à divulgação, acreditamos que a comunidade de especialistas pode produzir uma quantidade maior de textos e vídeos. Na área de formação, existem cursos universitários em instituições de prestígio e espera-se que o número deles aumente. Por outro lado, as escolas de ensino fundamental e médio precisam ainda incluir noções sobre NC & NT em seus programas. Ao mesmo tempo, a experiência brasileira deve servir de exemplo e apoio ao desenvolvimento regional em NC & NT.

#### *Publicações:*

<<http://www.cbpf.br/nano/FolderNano.pdf>>.

#### *Redes:*

<<http://www.icpc-nanonet.org/content/section/5/39/>>.

#### *Sites:*

<<http://www.mc.unicamp.br/nanoaventura/>>.