

**O Programa Nacional de Nanotecnologia
e o Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia**

Cylon Gonçalves da Silva

LNLS

Introdução

Nanociência e Nanotecnologia são áreas de pesquisa e desenvolvimento que surgiram nas últimas duas décadas do século 20 e que hoje crescem a passos rápidos. Nanotecnologia, infelizmente, tem sido propagandeada por alguns como sendo uma espécie de miniaturização ao limite das tecnologias atuais – nano-robots auto-replicantes, por exemplo, fazem parte deste folclore. Essas bobagens não são levadas a sério por nenhum pesquisador competente da área. Nanotecnologia é algo muito mais realista e importante do que isto: ela busca aprender a manipular a matéria a nível de átomos e moléculas. Disto deriva o prefixo “nano” aplicado à ciência e tecnologia: o nanometro (um bilionésimo de metro) é a unidade de medida mais adequada para as dimensões de átomos e moléculas, assim como o metro é a unidade de medida adequada para a nossa vida do dia a dia.

Átomos e moléculas são os tijolos fundamentais da engenharia no mundo em que vivemos. Nas últimas décadas do século 20, técnicas de crescimento de materiais, como a epitaxia por feixe molecular, e técnicas de caracterização como a microscopia eletrônica de alta resolução, a luz síncrotron e as microscopias de tunelamento, estenderam enormemente a capacidade humana de manipular e ver a matéria em escala atômica. O impacto desses desenvolvimentos sobre a economia mundial se prefigura enorme. Economia de matérias-primas, redução do consumo energético de importantes processos industriais, menos agressão ao meio ambiente e maior proteção à saúde do consumidor sob forma de maior controle, por exemplo, na aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, etc... Nanotecnologia não é, hoje, uma mera promessa para o futuro. Ela já está presente no mercado mundial, sob forma de produtos tecnologicamente sofisticados, como microprocessadores de última geração, e de produtos tão corriqueiros como o vidro autolimpante lançado recentemente por uma grande empresa do ramo.

Os países desenvolvidos e alguns dos países em desenvolvimento (Taiwan, Coréia do Sul, China) vêm investindo pesadamente em pesquisa, desenvolvimento e engenharia nesses campos. Esses investimentos têm sido crescentes a cada ano, especialmente desde 1999, atingindo mundialmente cerca de cinco bilhões de dólares em 2002. O motivo desses investimentos é claro – o enorme mercado potencial que está em jogo. Uma estimativa elaborada pela Fundação Nacional de Ciências (NSF) americana é de um mercado mundial para materiais, produtos e processos industriais baseados na Nanotecnologia de 1 trilhão de dólares dentro de 10 a 15 anos.

Há cerca de três anos, o CNPq e o MCT começaram a se preocupar com a importância estratégica da questão da Nanotecnologia para o desenvolvimento econômico brasileiro. Se nossos competidores externos estão investindo pesadamente nestas novas tecnologias, o Brasil corre o sério risco de ficar para trás. Como todas rápidas mudanças tecnológicas, a Nanotecnologia representa uma oportunidade, mas também uma ameaça para os países em desenvolvimento. Os países que souberem aproveitar o momento crescerão. Os que não souberem, mais uma vez, estarão condenados ao atraso. Os produtos brasileiros perderão competitividade no mercado externo, seja em termos de atualização tecnológica, seja em termos de preço, à medida que os avanços em Nanotecnologia forem se consolidando. Pior ainda, as barreiras técnicas para entrada nos países desenvolvidos, referentes ao nível de

contaminantes em alimentos e outros produtos orgânicos, estão sendo revisadas à luz da Nanotecnologia. Ou seja, mesmo os produtos agrícolas tradicionais de países como o Brasil poderão não entrar nos mercados dos países desenvolvidos, por regras perfeitamente admissíveis pela Organização Mundial do Comércio!

Com esta realidade em mente, o CNPq estruturou, em 2001, por meio de um processo competitivo de apresentação de projetos, quatro redes de pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia, nas seguintes áreas:

- i. Materiais Nanoestruturados;
- ii. Interfaces e Nanotecnologia Molecular;
- iii. Nanobiotecnologia;
- iv. Nanodispositivos Semicondutores.

Além disso, o MCT estabeleceu, por um processo similar, dentro do programa Institutos do Milênio, um Instituto para Nanociências, em Belo Horizonte.

Contudo, essas importantes iniciativas, por assim dizer “horizontais”, não serão suficientes, dada a dimensão que o desafio da Nanotecnologia assumiu globalmente. Por esta razão, o MCT decidiu criar um Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia. A idéia inicial do Centro evoluiu ao longo de 2002 no sentido de fazê-lo uma Secretaria Executiva de um Programa Nacional de Nanotecnologia, tendo em vista o impacto esperado da Nanotecnologia nas mais variadas áreas da economia mundial e, por conseqüência, brasileira.

Afim de maximizar os benefícios que podem ser obtidos da Nanotecnologia, explorar as sinergias resultantes da cooperação entre muitos grupos distintos, tanto no setor público quanto no setor privado, otimizar o uso de recursos humanos, financeiros e materiais escassos e acelerar o processo de comercialização dos resultados da pesquisa brasileira na área, o MCT solicitou a realização de um estudo visando a formulação de um Programa Nacional de Nanotecnologia, dentro do qual se inseriria o Centro de Referência. Este estudo foi completado ao final de 2002 e apresentado ao MCT.

O Programa Nacional de Nanotecnologia

O foco do Programa Nacional de Nanotecnologia, colocado de forma muito sucinta, deve ser a conquista de uma fatia do mercado global de materiais, produtos e processos baseados em Nanotecnologia, com tudo o que isto implica em termos de investimentos na formação de recursos humanos, pesquisa e inovação, bem como criação de novas empresas e ampliação das áreas de atuação dos segmentos mais tradicionais da indústria nacional. Considerando-se o estágio atual do Brasil em Nanotecnologia, fixou-se, inicialmente, como medida do sucesso do Programa, a meta de conquistar 1% do mercado mundial de materiais, produtos e processos baseados na Nanotecnologia, ou seja, a meta de exportações de cerca de US\$ 10 bilhões de dólares, em um prazo de dez anos, para o setor brasileiro de Nanotecnologia. Em função deste foco de longo prazo, foram definidos alguns objetivos e atividades específicas que seriam necessárias, como descrito a seguir.

Os seis objetivos do Programa são:

- 1) **Mapear o potencial brasileiro em Nanotecnologia.** Há muitos grupos nas Universidades e Centros de Pesquisa trabalhando em Nanociência e Nanotecnologia. Esses grupos ainda não formam, entretanto, uma massa crítica, com potencial para acelerar a descoberta, inovação, transferência de tecnologia, aplicação social e exploração comercial dos resultados da pesquisa feita no Brasil. Até recentemente, muito pouco se sabia sobre este potencial. Assim, um dos objetivos do Programa Nacional de Nanotecnologia é o de, sistematicamente, mapear o potencial brasileiro na área, como pré-requisito para formulação de políticas de investimento realistas e de longo prazo.
- 2) **Explorar as parcerias e sinergias potenciais.** Como em outros países, há grandes oportunidades de parceria e sinergia a serem exploradas, entre grupos de pesquisa do setor público, grupos de engenharia do setor privado e organizações do terceiro setor, para acelerar o avanço do conhecimento, as aplicações da Nanotecnologia a problemas sociais, e a comercialização de inovações baseadas no conhecimento local. Há, por exemplo, um claro interesse comum entre o desenvolvimento de mecanismos de entrega de medicamentos baseados em Nanotecnologia e os problemas relacionados com a entrega de fertilizantes e pesticidas em uma agricultura tropical. Trazer farmacologistas e cientistas do solo para explorar as sinergias de suas respectivas pesquisas, como meio de desenvolver aplicações inovadoras, socialmente úteis e comercialmente vantajosas para o setor de agronegócios do País, é algo que reforçará não apenas o Programa Nacional de Nanotecnologia, mas a visibilidade da Ciência, Tecnologia e Inovação na sociedade brasileira.
- 3) **Identificar oportunidades.** Uma avaliação realista dos desafios a serem enfrentados pela Nanotecnologia no Brasil nos leva a concluir que o País terá uma melhor chance de capturar uma fatia do mercado mundial previsto para produtos e processos baseados na Nanotecnologia se investir seletivamente em nichos onde possa competir internacionalmente. Esses nichos terão de ser determinados em base nas oportunidades abertas para o País, avaliadas em termos dos recursos existentes (humanos, materiais, financeiros e de gestão) e pela identificação de necessidades sociais e de mercado específicas do País. O propósito é o de utilizar essas necessidades sociais e de mercado para alavancar o desenvolvimento de produtos e processos internacionalmente competitivos.
- 4) **Definir os recursos necessários.** O quarto objetivo lógico do Programa é o de determinar, de forma realista, os recursos humanos, financeiros e materiais necessários. Esta informação é vital para a definição dos dois próximos passos.
- 5) **Estabelecer prioridades.** A alocação de recursos escassos, especialmente em pesquisa, desenvolvimento e engenharia é sempre uma questão difícil. Como se sabe, escolher “ganhadores” é um jogo difícil de jogar. Para estabelecer prioridades em um Programa Nacional de Nanotecnologia, uma combinação de estratégias será necessária. Por um lado, é importante criar condições para o surgimento de novas idéias e novos talentos, de forma relativamente livre da pressão de cima para baixo, que tenham acesso aos recursos disponíveis para explorar novos conceitos. De outro

lado, perspectivas promissoras de exploração comercial da Nanotecnologia terão de receber atenção especial das agências de financiamento, por exemplo, mediante linhas de crédito dedicadas. Estabelecer prioridades nunca é fácil, mesmo com recursos abundantes. Portanto, este é o grande desafio para o Programa Nacional de Nanotecnologia, pois, com certeza, os recursos não são abundantes. A existência do Conselho do Programa, com representação das organizações participantes permitirá uma discussão ampla e uma busca de consensos para essas prioridades.

- 6) **Alavancar investimentos.** Finalmente, o objetivo estratégico maior do Programa é o desenvolvimento de aplicações sociais e comerciais inovadoras da Nanotecnologia. Recursos públicos, ainda que indispensáveis, como o mostra a experiência dos países desenvolvidos, não são suficientes para gerar novos materiais, produtos e processos baseados na Nanotecnologia, seja para aplicações sociais, seja para o mercado. Investimentos privados terão de ser estimulados por meio de recursos públicos, por exemplo, sob a forma de fomento ou créditos de longo prazo, e sob a forma de treinamento de recursos humanos pelas instituições públicas. O atingimento da meta foco do Programa dependerá prioritariamente, da capacidade de estimular o investimento privado em Nanotecnologia no Brasil.

Muitas organizações não pertencentes ao sistema do MCT foram contactadas e expressaram forte interesse em participar do Programa Nacional de Nanotecnologia. Uma lista selecionada é apresentada a seguir.

- a) **EMBRAPA (Ministério da Agricultura).** A EMBRAPA é o braço de pesquisa e treinamento do Ministério da Agricultura. É uma organização substancial, com dezenas de centros de pesquisa espalhados por todo o País. À EMBRAPA o Brasil deve alguns dos maiores avanços da agricultura nacional. A empresa se mantém sempre atenta aos avanços mundiais em pesquisa que podem beneficiar o setor de agronegócios brasileiro. Assim, a EMBRAPA já desenvolve esforços de pesquisa e desenvolvimento em Nanotecnologia, inclusive com o desenvolvimento recente de uma “língua eletrônica”, e deseja explorar as aplicações da Nanotecnologia na agricultura tropical e na pecuária.
- b) **INMETRO (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio).** O Instituto Nacional de Metrologia deve, claramente, ser um parceiro em qualquer esforço para trazer inovações da Nanotecnologia do laboratório para a indústria. Nenhuma descoberta em laboratório pode ser transformada em um processo industrial sem um esforço significativo em metrologia. À medida que as aplicações industriais da Nanotecnologia crescem, a demanda por metrologia de precisão, isto é, por nanometrologia, cresce paralelamente. Do mesmo modo, a defesa contra barreiras técnicas para a entrada de produtos do setor de agronegócios do Brasil nos países desenvolvidos, que estão evoluindo em razão dos progressos em Nanotecnologia, vão demandar um grande esforço brasileiro em nanometrologia.

- c) **FIOCRUZ (Ministério da Saúde).** A Fundação Instituto Oswaldo Cruz, além de seu trabalho de pesquisa na área da saúde pública, é também uma fabricante de vacinas e medicamentos. As aplicações da Nanotecnologia na área de saúde serão vastíssimas. Hoje, este campo já representa um dos mais importantes “ramos” da Nanotecnologia. O Brasil não poderá ficar ausente desta área de pesquisa e desenvolvimento, algo que já foi percebido pela FIOCRUZ e que a fez, naturalmente, uma participante da montagem do Programa Nacional de Nanotecnologia.
- d) **SENAI (Ministério do Trabalho).** A missão do SENAI visa o treinamento de jovens trabalhadores e o retreinamento de trabalhadores em geral para o setor industrial. O SENAI foi uma das primeiras organizações federais a expressar seu interesse no Programa de Nanotecnologia. Ele está atualmente definindo sua estratégia para incorporar conceitos da Nanotecnologia em seus programas de treinamento, bem como mapeando as necessidades de recursos humanos treinados em Nanotecnologia das indústrias de diferentes regiões do País.
- e) **CAPES (Ministério da Educação).** A CAPES é a agência responsável pelo treinamento de recursos humanos para o sistema brasileiro de educação pública superior. Entre suas outras atribuições, a CAPES avalia os cursos de pós-graduação do Brasil. A agência criou recentemente um programa piloto de bolsas de doutorado multidisciplinares para a Nanotecnologia, visando testar a demanda e o nível de potenciais candidatos.

Esta breve descrição mostra o envolvimento com Nanotecnologia de cinco Ministérios, além do envolvimento natural do Ministério da Ciência e Tecnologia. A lista seria mais longa, se incluíssemos contatos preliminares realizados, por exemplo, com organizações vinculadas ao Ministério da Defesa, a outros Ministérios e associações do setor privado. Além desse interesse em nível federal, vários estados já estão discutindo iniciativas locais voltadas para a Nanotecnologia.

A diversidade de parceiros e o objetivo estratégico do Programa Nacional de Nanotecnologia de preparar o Brasil para ser um ator importante, em nível mundial, nos mercados para produtos e processos baseados na Nanotecnologia, exigem que o Programa seja operacionalmente descentralizado, ainda que centralmente coordenado. O que se espera das organizações participantes é que elas, dentro de suas missões específicas e normas operacionais, dêem atenção especial a áreas relacionadas com a atuação do Programa Nacional, as quais podem ser tão amplas como a pesquisa básica realizada por um grupo de pesquisa isolado, ou tão orientadas como o desenvolvimento comercial de um novo tipo de sensor. O Conselho do Programa dará às organizações participantes a oportunidade para compartilhar suas visões, expressar suas necessidades e unir esforços em torno de projetos relevantes.

Dentre as responsabilidades das organizações participantes, mencionamos as seguintes como sendo centrais para a implementação bem sucedida do Programa Nacional de Nanotecnologia:

- i. **Treinar recursos humanos.** Para atingir mesmo o mais modesto dos objetivos do Programa, estima-se que será necessário, nos próximos dez anos,

formar e treinar entre 2.500 a 6.000 profissionais (pesquisadores, engenheiros, técnicos) competentes em Nanotecnologia, do nível médio ao pós-doutorado.

- ii. **Conceber, desenvolver e implementar currículos inovadores e material didático.** O desafio educacional da Nanotecnologia é bem conhecido. Os rápidos avanços nesta área vão demandar uma força de trabalho familiarizada com os mais modernos conceitos da ciência. Assim, para atingir o objetivo acima mencionado, no tempo previsto, será necessário desenvolver soluções educacionais inovadoras, no conteúdo e na forma de apresentação, não apenas no nível superior, mas no nível do ensino técnico, médio e primário, a exemplo do que já vem ocorrendo nos países avançados.
- iii. **Fomentar pesquisa, desenvolvimento e engenharia.** As organizações participantes, seja em função de suas missões institucionais, tal como agências de fomento e bancos de desenvolvimento, seja por interesses comerciais – capitais de risco, bancos comerciais, pesquisa e desenvolvimento empresarial – terão de prover os fundos necessários para atingir os objetivos do Programa. Estima-se que o apoio público e privado à pesquisa, desenvolvimento e engenharia em Nanotecnologia, na próxima década, terá de ser da ordem de US\$ 3 a 5 bilhões, para que o Brasil conquiste a modesta fatia de cerca de um por cento do mercado mundial de materiais, produtos e processos baseados em Nanotecnologia (US\$ 10 bilhões por ano).
- iv. **Transferir tecnologia.** Os centros públicos de pesquisa terão de fazer um esforço especial de interação com o setor privado para transferir resultados da pesquisa em Nanotecnologia, tanto sob a forma de recursos humanos adequadamente treinados quanto de desenvolvimentos tecnológicos, afim de comercializar com sucesso novos materiais, produtos e processos. Contudo, não se pode esquecer que a Nanotecnologia terá aplicações sociais, por exemplo, em saúde pública, nutrição humana e proteção ao meio ambiente, não necessariamente ligadas a necessidades do mercado e que irão requerer investimentos públicos.
- v. **Criar novas empresas.** Espera-se que a escala dos investimentos necessários para uma empresa nascente em Nanotecnologia seja maior do que aqueles demandados na revolução “pontocom”. Apesar disto, é vital que o empreendedorismo na área seja estimulado pela criação de condições favoráveis para o surgimento de novas empresas de base “nanotecnológica”. Algumas das organizações que, com certeza, participarão do Programa, como a FINEP, já possuem mecanismos para tanto. A Lei da Inovação, cujo projeto se encontra tramitando no Congresso, poderia facilitar o relacionamento entre o setor público e o setor privado na comercialização de inovações nanotecnológicas brasileiras.
- vi. **Criar novos centros de pesquisa.** Apesar do relativo peso da infraestrutura de pesquisa existente, claramente o Brasil possui deficiências que precisam ser sanadas, o mais breve possível, afim de tornar o País realmente competitivo internacionalmente. Para este fim, e também para reforçar a infraestrutura existente, absorver mais rapidamente novos talentos, e testar com agilidade novas formas de organização da pesquisa, será indispensável criar novos centros de pesquisa, tanto no setor público quanto no privado e, se possível, em parceria entre eles. Este é, sem dúvida, outro grande desafio para o Programa.

- vii. **Trazar ao mercado novos materiais, produtos e processos baseados em Nanotecnologia.** Por fim, mas não menos importante, o sucesso do Programa será medido tanto pelos benefícios sociais que a Nanotecnologia puder trazer para a sociedade brasileira como um todo, como pela fatia do mercado internacional que vier a ser conquistado pelo setor privado brasileiro.

O maior desafio a ser enfrentado, neste momento, para a rápida implantação de um Programa Nacional de Nanotecnologia agressivo é conseguir combinar um alto grau de iniciativas locais com uma forte coordenação nacional. Para este fim, o envolvimento do setor privado terá de ser buscado de forma ativa. O empuxe da Nanotecnologia, apesar dos sucessos da pesquisa nacional, continuará a ser relativamente desprezível, sem uma atração forte de necessidades sociais e do mercado para dar ao Programa seu foco principal e sua métrica de sucesso.

O financiamento para o Programa dependerá de um grau considerável de consenso sobre a relevância da Nanotecnologia para o desenvolvimento social e econômico do Brasil. Como um país de industrialização tardia, o Brasil encontra-se face à face com o velho dilema de investir em tecnologias velhas, porém testadas, correndo o risco de ser para sempre um país “emergente”, enfrentando barreiras técnicas e uma formidável competição em preço para suas “commodities”, ou de apostar no futuro, dando um salto tecnológico e avançando diretamente para a fronteira do conhecimento e da nova revolução tecnológica. Naturalmente, para um País das dimensões do Brasil, isto é um falso dilema. Há espaço e, mais do que espaço, há a necessidade premente de combinar a absorção pelo setor industrial nacional de tecnologias que já se tornaram clássicas com uma estratégia arrojada de construção de um parque industrial tecnologicamente avançado, a exemplo do que fizeram outros países competidores do Brasil. Nanotecnologia, sem dúvida, oferece a melhor oportunidade para este novo século.

O Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia

A coordenação de um esforço nacional em Nanotecnologia, conforme descrito na seção anterior, exigirá a existência de uma organização específica. O modelo do Centro apresentado ao MCT em 2002 prevê um conjunto de atividades ordenadas pela missão de acelerar o desenvolvimento da Nanotecnologia no Brasil, com o objetivo de, no prazo de uma década, assegurar a presença de empresas brasileiras no mercado global de materiais, produtos e processos baseados na Nanotecnologia, com uma fatia não menor do que um por cento deste mercado, cujo total é estimado em cerca de um trilhão de dólares.

O Centro terá a missão de: (1) disponibilizar nacionalmente infra-estrutura de pesquisa de classe mundial, (2) realizar e difundir pesquisa e inovação, (3) promover a comercialização e a aplicação social de resultados de pesquisa, e (4) estimular a capacitação e o desenvolvimento equilibrado das competências regionais em nanociência e nanotecnologia.

Dentre seus principais objetivos, podemos citar:

- a) Atuar como secretaria executiva do Programa Nacional de Nanotecnologia.
- b) Articular com os setores público e privado pesquisa, desenvolvimento, inovação e a capacitação de recursos humanos em todos os níveis para nanociência e

nanotecnologia.

c) Promover, difundir, estimular e fomentar a aplicação inovadora, a comercialização e a obtenção de resultados sociais das pesquisas em nanotecnologia realizadas no País.

O Centro seria constituído como uma Organização Social, operando mediante um Contrato de Gestão com o Ministério da Ciência e Tecnologia. A Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron, pioneira do modelo de Organizações Sociais, e que já opera o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, por sua experiência em disponibilizar, nacional e internacionalmente, uma infra-estrutura de pesquisa de ponta, foi indicada pelo MCT para estruturar o Centro durante 2003. O modelo operacional que se tem em mente é algo semelhante ao Instituto Fraunhofer na Alemanha, isto é, um conjunto de centros de pesquisa vocacionados para a interação com a indústria, levando em conta, entretanto, as especificidades da situação social e econômica brasileira. O Centro viria complementar, desta forma, o esforço das redes de pesquisa do CNPq, com uma focalização intensa nas aplicações da Nanotecnologia.

A nova Administração Federal deverá agora tomar a decisão final sobre o futuro imediato do Programa Nacional de Nanotecnologia e do Centro de Referência.