Nanotecnologias, produtos da agricultura e minerais abundantes

Fernando Galembeck¹

1. Breve diagnóstico

O significado de “nanotecnologias”, neste texto, é o adotado pelo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), ao definir a classe 977 para as invenções nanotecnológicas: *“This class provides for disclosures: related to research and technology development at the atomic, molecular or macromolecular levels, in the length of scale of approximately 1-100 nanometer range in at least one dimension, and that provide a fundamental understanding of phenomena and materials at the nano-scale and to create and use structures, devices and systems that have novel properties and functions because of their size.”*

Um paradigma de produto nanotecnológico é o pneu usado em automóveis e equipamentos de transportes. Ele incorpora uma grande quantidade de resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas escalas molecular e macromolecular, suas propriedades dependem criticamente de estruturas com dimensões inferiores a 100 nanômetros e têm sido continuamente aperfeiçoadas ao longo de mais de um século. A pesquisa sobre as nanoestruturas formadoras das borrachas e o impacto destas sobre as suas propriedades contribuiu para a compreensão fundamental do fenômeno de elasticidade, fundamentando a premiação Nobel de Paul Flory, e para a criação de materiais e estruturas dotados de propriedades sem precedentes, criticamente dependentes do tamanho das nanoestruturas formadoras. O sucesso do pneu e a sua onipresença na nossa vida podem ser atribuídos, entre outros, a dois fatores: a satisfação de necessidades de bilhões de pessoas e a capacidade de incorporar mudanças incrementais ou radicais,

¹ Professor Titular da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

muitas delas nanotecnológicas, que fazem o paradigma de “pneu” de uma geração muito diferente daquele da geração seguinte.

A fabricação de pneus utiliza matérias-primas de baixo valor unitário, sendo a maioria delas obtida de fonte renovável ou muito abundante, mas o resultado tem enorme impacto econômico, estratégico e ambiental. Muitos outros produtos essenciais à vida humana e fabricados em grandes quantidades compartilham as mesmas características: suas propriedades dependem criticamente de nanoestruturas, são continuamente aperfeiçoados graças à pesquisa sobre essas nanoestruturas.

Por essas razões, uma grande parte do esforço global de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologias tem estado ligada a setores industriais de grande porte: materiais para construção civil e mecânica, equipamentos de transporte, energia, comunicações e informação, têxteis e vestuário, embalagens e revestimentos, produtos para a saúde humana, animal e vegetal, materiais e equipamentos para lazer e para o meio ambiente, entre outros – além do agronegócio e dos setores de serviços. Já estão presentes no mercado numerosos produtos, introduzidos pelas mais importantes empresas industriais globais, destacando-se os dos setores químico e de tecnologias de informação. Por outro lado, é também notável a presença de empresas novas, criadas para explorar as oportunidades geradas pelas nanotecnologias.

O cenário brasileiro mostra algumas características positivas: i) várias empresas dos setores químico, farmacêutico, de materiais para construção, madeira, papel e celulose já apresentam produtos nanotecnológicos; ii) os resultados já obtidos têm estimulado outros empresários; iii) há uma significativa base científica, nas universidades e em alguns centros de pesquisa, que produz publicações científicas em quantidade compatível com a produção global brasileira e qualidade internacional.

Por outro lado, há também algumas características negativas, e a principal é o fato de a indústria de materiais para comunicação ser quase inexistente. Por isso, o esforço de pesquisa em nanotecnologia nestas áreas é inconsequente, econômica e estrategicamente³ e os resultados dos vultosos gastos nacionais na pesquisa básica terminam por ser apropriados por grandes empresas estrangeiras. Dois outros pontos importantes são a insegurança jurídica, determinada pela falta de posicionamento governamental com relação às questões de regulação e ainda pouca preocupação com as possibilidades de impacto das nanotecnologias sobre o ambiente e a saúde humana.

2. Principais desafios

O principal desafio nesta área está em transformar o enorme potencial das nanotecnologias em ferramentas úteis de criação de riqueza, segurança e poder para a nação brasileira, beneficiando

amplamente a sua população. Isto é parte de um desafio mais amplo, que está em agregar valor a tudo que se produz no país e aos seus recursos naturais, fazendo ao mesmo tempo uma defesa dos seus ecossistemas naturais e corrigindo os danos predatórios já causados ao ambiente.

O Brasil tem riquezas naturais consideráveis e emerge hoje, no mundo, como um grande produtor agropecuário, ainda que utilizando apenas uma pequena fração do seu território. A capacidade brasileira de inovação em produção mineral e no agronegócio responde pela sua liderança global de muitas *commodities*, destacando-se os casos dos complexos cana-de-açúcar e soja. Nestes, o destaque do Brasil é devido a grandes aportes de ciência e tecnologia realizados continuamente durante décadas, ao lado de políticas públicas bem-sucedidas e de uma grande participação empresarial privada.

O agronegócio é hoje a fonte de uma vultosa produção brasileira de alimentos, energia e de matérias-primas industriais.² Em algumas cadeias produtivas, o Brasil é líder global e em muitas outras tem posição de destaque, quase sempre crescente. O mesmo ocorre quanto à produção mineral, principalmente no caso de minérios abundantes ou produtos minerais de baixo valor unitário, mas de grande demanda.

É necessário que estas posições sejam melhoradas e ampliadas, utilizando as poderosas ferramentas das nanotecnologias, o que pode ser feito de várias maneiras:

- Criando produtos industriais baseados em matérias-primas derivadas da agricultura e de minerais abundantes, usando-as como elementos construtivos de nanoestruturas estruturais e funcionais sofisticadas, que incorporem o estado da arte;
- Produzindo insumos agrícolas (fertilizantes, defensivos, produtos veterinários, materiais de construção e irrigação) de base nanotecnológica que contribuam para o aumento da produtividade, de uma forma cada vez mais limpa, sustentável e que proteja o meio ambiente;
- Produzindo novas tecnologias de mineração e de recuperação ambiental que reduzam os ônus da atividade extrativa e maximizem o valor dos seus produtos;
- Maximizando o aproveitamento dos vultosos resíduos da atividade agrícola e da mineração, extraíndo deles o máximo de valor;
- Desenvolvendo e inovando no aproveitamento de minérios da “cadeia das nanotecnologias”, tais como aqueles que contêm lítio, grafite, índio, terras-raras, entre outros.

Um grande objetivo é a criação de novas atividades produtivas baseadas em recursos renováveis dos ecossistemas, cujo principal resultado seja a agregação de valor ao próprio ecossistema e cujo resultado final seja a proteção e perenização do ecossistema. Há muitos casos a considerar, mas o de maior vulto é, obviamente, a floresta amazônica.³ É necessário retirar da floresta,

sem danos, o que é repostado abundantemente, ou seja: água, ar e energia solar. Pode-se retirar da floresta, por exemplo, óleos, ceras e látex, gomas, desde que estes sejam produzidos e transportados de forma não agressiva. Por outro lado, a floresta e seus rios têm carência de constituintes simples e de baixo valor, como o cálcio, o que cria limitações sérias ao desenvolvimento da própria biota. Carências de cálcio podem ser corrigidas, realizando-se a calagem, mas a custos de transporte inaceitáveis. Por outro lado, o emprego de sistemas de liberação controlada no fornecimento de cálcio e outros insumos críticos pode permitir o uso de quantidades muito inferiores, que provoquem gastos muito menores com transporte.

Um caso de convergência bem-sucedida entre um produto da floresta e a nanotecnologia é o dos nanocompósitos de borracha natural produzidos a partir do látex da seringueira e argilas.⁴ O trabalho realizado inicialmente no laboratório do autor, na Unicamp, gerou uma atividade empresarial que hoje já atinge, por exemplo, as indústrias de papel e de calçados. Aliás, a própria borracha natural produzida pela seringueira é um nanocompósito natural, o que explica as suas singularidades e enorme importância tecnológica devido à impossibilidade da sua completa substituição por borrachas sintéticas. Tal como ocorreu com a borracha natural, outros produtos da floresta devem poder ser alçados a um novo patamar de sofisticação e de valor no mercado, beneficiando grandes populações de produtores e a própria região, como um todo.

Outro desafio muito importante decorre da natureza dos produtos nanotecnológicos, que frequentemente são materiais avançados. Sua introdução no mercado não é feita enquanto os novos materiais não tenham sido testados e aprovados na fabricação de utensílios, equipamentos ou qualquer uma das múltiplas formas de uso nas quais podem ser vantajosos. O trabalho de desenvolvimento e inovação não se esgota no material em si, mas nos produtos em que ele será eventualmente usado.

O autor vivenciou esse problema em diferentes situações. Um caso exemplar é o da empresa Orby, que licenciou patente de processo de fabricação de nanocompósitos de látex, da Unicamp. O desenvolvimento do produto Imbrik, da Orby, exigiu do empresário Eduardo Figueiredo um intenso trabalho junto a numerosas empresas de diferentes setores industriais, que produz uma conclusão importante: não basta desenvolver o material nanotecnológico, é preciso também desenvolver os produtos que os utilizarão.

Além disso, a introdução de um novo material produz rupturas, maiores ou menores, em cadeias produtivas maduras e pode causar a eliminação de outras cadeias. Por isso, é um processo que gera resistências e oposições pessoais e institucionais importantes.

Finalmente, há um enorme desafio exatamente na identificação das áreas em que a nanotecnologia pode ou não gerar resultados. Isso exige um esforço de prospectiva⁵ e de definição de prioridades

que, infelizmente, não é nem familiar nem simpática a muitos pesquisadores brasileiros. Entretanto, as políticas públicas não podem dar precedência aos pequenos interesses individuais ou de grupos, em detrimento dos grandes objetivos nacionais.

3. Recomendações para política de CT&I nos próximos anos

Este autor coordenou um grupo que propôs uma política para a nanotecnologia no Brasil, em 2003⁶, e ainda produziu outros trabalhos, que descrevem detalhadamente suas recomendações para a área. A principal delas é que as atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia sejam executadas, desde seu início, em um ambiente de interação e cooperação entre pesquisadores de universidades ou centros de pesquisa e empresas. Esta proposta não foi implementada e, de fato, não tem sido, em geral, bem recebida. Algumas pessoas a criticam, usando numerosos argumentos que enfatizam a falta de interesse das empresas em inovação e as dificuldades formais, legais e burocráticas na sua implementação. Outra proposta do mesmo documento foi a descentralização das atividades de nanotecnologia, que também foi muito criticada, alegando-se supostas vantagens de uma centralização de atividades em grupos de “altíssimo nível”.

Uma demonstração da viabilidade de se ter atividades científicas de fronteira em nanotecnologia associadas ao desenvolvimento tecnológico e à inovação está sendo feita na prática pelo Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Materiais Complexos Funcionais (Inomat), um dos INCT formados em resposta a um edital do MCT. Este instituto está bastante ligado ao setor químico, que tem no Brasil uma atividade inovadora significativa, faz uma contribuição expressiva ao PIB nacional e conta com importantes empresas de capital brasileiro, algumas delas com atuação multinacional, ao lado de um extenso rol de empresas de portes médio e pequeno.

As atividades do Inomat com empresas são de vários tipos: projetos de P&D conjuntos, licenciamento de propriedade intelectual, consultoria e prestação de serviços. O esforço dedicado a cada um destes tipos de atividades é muito diferente, mas todas elas são tratadas seriamente. A prestação de serviços, que é muitas vezes considerada como sendo uma atividade de pouco valor científico, inadequada para universidades, é tratada muito seriamente no Inomat, porque é muitas vezes o caminho para o conhecimento mútuo e a aproximação entre pesquisadores deste INCT e profissionais ou dirigentes de empresas. Por exemplo, um ensaio de microscopia eletrônica realizado para uma empresa, que produza resultados de alta qualidade e relevantes, e seja feito dentro de prazos e custos razoáveis é uma credencial para que a empresa considere objetivos mais ambiciosos, na sua aproximação com os grupos universitários.

Da mesma forma, as atividades de consultoria não podem ser consideradas como uma via de mão única, na qual o pesquisador universitário simplesmente transfira conhecimento à empresa.

Muito ao contrário, a experiência do autor com consultoria mostra que é um caminho de mão dupla, em que o consultor pode aprender muito, não apenas em termos de conhecimento técnico-científico, mas principalmente quanto à relevância desse conhecimento. Um trabalho de consultoria bem feito contribui em muito para a reflexão sobre as atividades de pesquisa do consultor e também para a sua atividade didática, seja na graduação ou pós-graduação.

As empresas que interagem ou já interagiram com os pesquisadores do Inomat, desde a sua criação, são as seguintes:

- *Consultoria*: Oxiteno S/A, Mauá-SP; Celulose Irani S/A, Porto Alegre-RS; Natura Ltda., Cajamar-SP; Laboratório Evidence, Fortaleza-CE; Montana Química S/A, São Paulo-SP; Johnson & Johnson, São José dos Campos-SP.
- *Projetos conjuntos*: Braskem S/A, Salvador-BA; Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda., Itapira-SP; Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE; Embrapa Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro-RJ; Petrobras S/A, Salvador-BA e Rio de Janeiro-RJ; Souza Cruz S.A./British American Tobacco, Rio de Janeiro-RJ.
- *Licenciamento de propriedade intelectual*: Contech Produtos Biodegradáveis Ltda., Valinhos-SP; Orbys Desenvolvimento de Tecnologia de Materiais Ltda., São Paulo-SP; Bunge Biphor LLC, White Plains, NY-EUA; Bunge Participações, São Paulo-SP; IQT S/A, Taubaté-SP.
- *Serviços eventuais*: Globe Química Ltda., Cosmópolis-SP; Citrosuco S/A, Matão-SP; Araújo Engenharia e Integr. em Equipamentos Ind., Vinhedo-SP; Indaiá Brasil Águas Minerais, Fortaleza-CE; Agripec Química e Farmacêutica, Maracanaú-CE; Cesde – Indústria e Comércio de Eletrodomésticos Ltda., Maranguape-CE; Bracol – Indústria de Couros Ltda., Cascavel-CE; Bermas – Indústria e Comércio Ltda., Maracanaú-CE; Petropar Embalagens S/A, Horizonte-CE; Esmaltec S/A, Maracanaú-CE; Camy Plast Br – Indústria e Comércio de Plásticos Ltda., Fortaleza-CE; Carnaúba do Brasil, Fortaleza-CE; Blausigel – Indústria e Comércio Ltda., Cotia-SP; GEA Niro Soavi Brazil, Campinas-SP.

Esta lista tem aumentado constantemente e evidencia atitudes muito favoráveis à interação entre universidades e empresas. Em muitos casos, essa interação ocorre sem participação significativa de recursos de agências de fomento oficiais, estaduais ou federais, com uma grande dispersão regional: as universidades e empresas participantes estão localizadas nos cinco estados brasileiros em que atua o Inomat: São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Bahia e Ceará. Participam empresas de porte pequeno, médio e grande, tal como nos programas de nanotecnologia de sucesso em outros países.

Há também projetos em execução, dentro da linha de subvenção da Finep, com as seguintes empresas: Dublauto Ind. e Com. Ltda., Bariri-SP, "Incorporação de propriedades da nanotecnologia

em materiais têxteis (palmilhas e forros) para calçados”; Oxitenno S/A Indústria e Comércio, Mauá-SP, “Desenvolvimento de catalisador para produção do monômero estireno”; Plaspert Reciclagens Maringá Ltda, Maringá-PR, “Laboratório de Inovação Tecnológica em Macromoléculas (Labitem)”; Petrobras S/A, Rio de Janeiro-RJ, “Desenvolvimento de catalisadores em escala piloto para a reforma de gás natural”. Portanto, o Inomat está demonstrando a viabilidade da criação, execução e manutenção de atividades bastante intensas de CT&I em nanotecnologias no ambiente institucional brasileiro. Isto evidencia que os principais requisitos para a expansão destas atividades são a *atitude* e a *competência* das pessoas envolvidas, mais do que a disponibilidade de recursos governamentais ou as medidas de ordem legal, que de fato têm se mostrado pouco efetivas.

Outra proposta importante e que pode ser implementada rápida e facilmente, a um custo baixíssimo, é que os pesquisadores universitários brasileiros e os estudantes de graduação e pós-graduação pratiquem a leitura de documentos de propriedade intelectual. A falta de um mínimo de atenção às patentes foi denunciada pelo autor como um poderoso mecanismo de transferência de recursos de um país ainda pobre, como o Brasil, para grandes corporações, sem a consciência de que isto esteja ocorrendo.⁸ Trata-se de um grave problema ético, que tem de ser corrigido.

Finalmente, o grande dinamismo da área requer uma atividade constante de acompanhamento, no estilo de observatório. Esta função está sendo executada, mas ainda de forma limitada, pelo LQES News⁹ e pelo boletim Nano em Foco, da ABDI¹⁰, ambos com a participação de membros do Inomat.

Concluindo: a experiência dos últimos dez anos demonstra a viabilidade e o sucesso de atividades de nanotecnologia no Brasil, baseadas em uma estreita cooperação entre universidades e indústrias, realizada de uma forma capilar, distribuída entre numerosos laboratórios, em várias partes do país. A expansão desse modelo poderá contribuir para uma rápida aceleração do impacto das nanotecnologias como veículos portadores de futuro, dispensando complexas mudanças na legislação, tanto quanto recursos especialmente vultosos.

Referências

- GALEMBECK, F. ; Rippel, M. M.; Nanotecnologia: Estratégias Institucionais e de Empresas. In: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. (Org.). Estudos Estratégicos: Nanotecnologia. Brasília, DF: NAE, Presidência da República, 2005, v. 1, p. 6-120.
- GALEMBECK, F.; *Synergy in Food, Fuel and Materials Production, Energy Environ. Sci.*, 2010, 3, 393 – 399.
- BECKER, B.; **Novos** Padrões de Desenvolvimento via Inovação, Conferencia Plenária na 4a. CNCTI, 2010.
- RIPPEL, M. M. e Galembeck, F.; *Nanostructures and Adhesion in Natural Rubber: New Era for a Classic*. J. Braz. Chem. Soc., 20, 1024-1030, 2009.
- GALEMBECK, F. ; Rippel, M. M.; Nanocompósitos poliméricos e nanofármacos: fatos, oportunidades e estratégias. Parcerias Estratégicas (Brasília), Brasil, v. 18, p. 41-60, 2004.
- Programa de Nanotecnologia do PPA 2004-2007 (MCT, 2003).
- www.inomat.iqm.unicamp.br.
- GALEMBECK, F. . *Ethical issues of nanotechnology*. In: *Third Session of the World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology*, 2004, Rio de Janeiro, RJ. Proceedings - COMEST Third Session. Paris : UNESCO, 2003. p. 127-132.
- http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news.html.
- <http://www.abdi.com.br/?q=node/1596>