


ISSN 1679-4893



# Cadernos de Estudos Avançados

Instituto Oswaldo Cruz

Volume 1  
Número 2  
2003





Ministério da Saúde

Fundação Oswaldo Cruz  
FIOCRUZ



Ministério da Saúde  
Ministro  
*Humberto Costa*

Fundação Oswaldo Cruz  
Presidente  
*Paulo Marchiori Buss*  
Vice-Presidente de Desenvolvimento Institucional, Informação e Comunicação  
*Paulo Ernani Gadelha*  
Vice-Presidente de Serviço de Referência e Ambiente  
*Ary Carvalho de Miranda*  
Vice-Presidente de Ensino e Recursos Humanos  
*Tânia Celeste Matos Nunes*  
Vice-Presidente de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico  
*Euzenir Sarno*

Instituto Oswaldo Cruz  
Diretor  
*Renato Sérgio Balão Cordeiro*  
Vice-Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico  
*Jonas Enrique Perales Aguilar*  
Vice-Diretor de Ensino  
*Marli Maria Lima*  
Vice-Diretor de Serviços de Referência  
*Clara Fumiko Tachibana Yoshida*

Editor  
*Renato Sérgio Balão Cordeiro*  
Editora Adjunta  
*Claudia Inês Chamas*

Diagramação e Arte  
*Paulo Márcio Moreira*  
Copydesk e Revisão  
*Luciane CB Willcox Soares*  
*Marly de C Willcox*  
Suporte Administrativo  
*Geiza Helena R Neves*

## **Chefes de Departamentos**

Bacteriologia

*Martha Maria Pereira*

Biologia

*Darcílio Fernandes Batista*

Bioquímica e Biologia Molecular

*Ricardo Galler*

Entomologia

*Elizabeth Ferreira Rangel*

Fisiologia e Farmacodinâmica

*Eduardo Véra Tibiriçá*

Genética

*Ana Carolina Paulo Vicente*

Helmintologia

*Delir Corrêa Gomes Maués da Serra Freire*

Imunologia

*Claudio Tadeu Daniel Ribeiro*

Malacologia

*Ligya dos Reis Corrêa*

Medicina Tropical

*José Rodrigues Coura*

Micologia

*Cintia de Moraes Borba*

Patologia

*Henrique Leonel Lenzi*

Protozoologia

*Sylvio Celso Gonçalves da Costa*

Ultra-Estrutura e Biologia Celular

*Suzana Corte Real Faria*

Virologia

*Hermann Gonçalves Schatzmayr*

Ensino

*Marisa Velloso Fernandez Conde*

---

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Cadernos de estudos avançados. v.1, n.1, 2003 - Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2003 – .:il.; 28 cm.

Irregular

ISSN 1679-4893

1. Pesquisa e Desenvolvimento; 2. Ciência e Tecnologia - Desenvolvimento; I. Instituto Oswaldo Cruz

---

Prezados Leitores

O primeiro número dos Cadernos de Estudos Avançados constituiu marco relevante na trajetória do Instituto Oswaldo Cruz. Associado aos tradicionais colóquios das sextas-feiras, no Pavilhão Arthur Neiva, foi aberto mais um canal de expressão para o debate político e o pensamento independente. O lançamento deu-se por ocasião do I Encontro IOC – fórum que, pela primeira vez, reuniu 100 dos mais brilhantes profissionais desta casa, visando a construir a visão de futuro do Instituto para os próximos cinco anos.

O sucesso dos Cadernos foi comprovado pelas inúmeras cartas de apoio, congratulações e sugestões oriundas de universidades, instituições de pesquisa, órgãos governamentais e sociedades científicas. Assim, com a confecção do segundo número, consolida-se este espaço que privilegia o espírito crítico, incorporando textos dos mais renomados acadêmicos, gestores e formuladores de políticas públicas.

Este número é dedicado ao nosso querido amigo Sergio Arouca, recentemente falecido. Arouca foi figura rara e múltipla. Professor, pesquisador, médico sanitarista, político, gestor e, sobretudo, uma pessoa preocupada com o bem-estar do próximo e com o futuro deste País. Em todas as funções que exerceu, colocou seu amor e sua competência. A concepção fundamental dos Cadernos é parte dessa herança humanista e interdisciplinar que nos foi legada.

Nesta edição, são apresentados três artigos. No primeiro, Cylon Gonçalves da Silva, do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, desvenda os segredos da Nanotecnologia. Discorre sobre as suas origens, os progressos tecnológicos no Brasil e no mundo, os desafios educacionais, as necessidades em termos de políticas públicas e as oportunidades de exploração comercial.

Em seguida, Reynaldo Guimarães, do Ministério da Saúde, apresenta os elementos básicos para a conformação de uma Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde. Diversos aspectos são abordados tais como, a pesquisa estratégica em saúde, as ações de fomento, as prioridades da pesquisa, os hospitais de ensino, a avaliação tecnológica e o complexo industrial de saúde.

Por último, Sergio Salles-Filho e Solange Corder, da Universidade Estadual de Campinas, tratam da questão do financiamento à inovação no Brasil. Revelam que mecanismos tradicionais mostram-se insuficientes para alavancar a geração de tecnologias. Alternativas como fundos setoriais e capital de risco facilitam o diálogo entre a academia e os empreendedores. O aprimoramento do quadro institucional brasileiro é, pois, essencial para dar continuidade ao processo de valorização da inovação tecnológica.

A todos uma proveitosa leitura!

Um forte abraço,

Renato Sérgio Balão Cordeiro  
Editor



## Homenagem a Sergio Arouca



*“Acho que nós esgotamos um ciclo e começamos outro e esse novo ciclo, não tenho dúvida nenhuma, é dessa revolução científico-tecnológica. E essa revolução está mudando as relações humanas e as relações de trabalho, mudando a capacidade de intervenção. Muitas vezes não nos damos conta, mas estamos em uma casa simples e você vê um forno de microondas e um telefone celular na mão e um computador ligado à internet, o que isso significa de acúmulo de conhecimento e tecnologia é absolutamente fantástico. Profissões desaparecem, as relações sociais mudam, as relações de poder são completamente distintas. Não é nem você ter riquezas naturais no território que é poder. Cada vez mais o conhecimento produz riquezas.”*

Sergio Arouca (1941-2003)

## Arouca Vive

Por algum breve instante, passou-me pela mente a seguinte pergunta: o que teria sido da Fiocruz sem Arouca? Melhor nem tentar imaginar! Arouca já é história. É parte da nossa história. Com sua rara inteligência e tino político, criou as perfeitas condições para que a Fiocruz se iluminasse outra vez, impedindo-a de um possível mergulho na estagnação. Apoiado por um grande leque de lideranças, chegou à presidência da Instituição em maio de 1985. Trouxe vida, esperança e democracia a esta casa. Com certeza, a ressonância de sua aguçada visão de futuro nos ajudou a criar e formatar o ambiente multidisciplinar dos Cadernos de Estudos Avançados do Instituto Oswaldo Cruz.

Sempre admirei sua capacidade de falar para as massas de modo absolutamente natural. Conseguia ser sofisticado sem deixar de ser simples. Nunca apelou para discursos empolados ou construções pernósticas. Era objetivo, brilhante, coerente, rejeitando os fisiologismos que assolam este País. Na condição de sanitário, lutou pelo acesso amplo e gratuito da população às condições mínimas de saúde e higiene.

Aliava emoção e competência em suas ações. Esse era o segredo que o transformava em um empreendedor capaz de seduzir pessoas, levando-as a defender posições de interesse nacional e realizar tarefas de alta complexidade. Sua trajetória política deixou o indelével exemplo da dignidade em nosso sistema público de saúde.

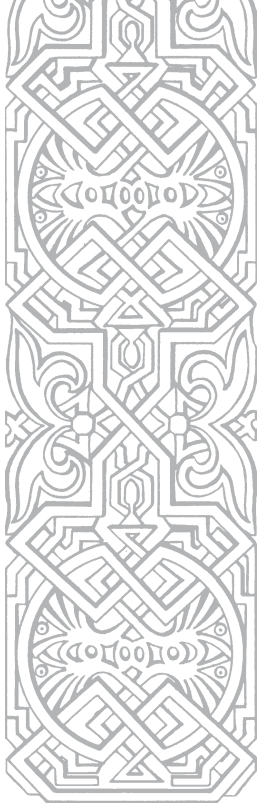
Perdi um amigo. Companheiro de diversas realizações. Soube interpretar, quase à perfeição, a relevância da Fiocruz no cenário nacional. A pesquisa e a saúde pública brasileiras lamentam a ausência do seu grande defensor, que sempre valorizou os aspectos humanitários, éticos, da justiça social, do direito à cidadania, do respeito ao próximo.

Criativo, talentoso e, principalmente, ousado e corajoso, teve a grandeza e a sabedoria de mudar os rumos da história, reintegrando aos quadros da Fiocruz nossos dez cientistas cassados. Ato símbolo de enfrentamento do autoritarismo, servindo de paradigma para as instituições brasileiras de pesquisa e ensino.

Obrigado, Sergio, por tudo o que você fez e por tudo o que nos permitiu fazer. Somos todos devedores do seu talento.

Renato Sérgio Balão Cordeiro  
Diretor do IOC





# Uma Introdução à Nanotecnologia

Cylon Gonçalves da Silva

Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Rua Giuseppe Máximo Scolfaro 10000,  
13085-360 Campinas, SP, Brasil  
E-mail: cylon@lnls.br

*Os objetivos deste artigo são: apresentar alguns aspectos não técnicos da Nanotecnologia, sua inserção na série de ondas de inovação que caracterizam a Revolução Industrial, seus conceitos básicos, a convergência de várias disciplinas na pesquisa nanotecnológica e suas implicações para nossa visão do universo; discutir os investimentos que vêm sendo feitos nos países avançados e as crescentes aplicações comerciais da Nanotecnologia, bem como os riscos potenciais envolvidos nessa nova tecnologia; apresentar a situação atual no Brasil, o desafio educacional que a Nanotecnologia representa e o esboço de um Programa Nacional voltado para a exploração das oportunidades de comercialização da pesquisa e captura, por empresas nacionais, de uma parcela do mercado global de produtos e processos baseados na Nanotecnologia.*

## A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL CONTINUA

A Revolução Industrial é a fonte da riqueza das nações modernas. Ainda que outros elementos, tais como instituições legais, instrumentos financeiros e organização da produção sejam reconhecidamente fundamentais para o desenvolvimento econômico, a base da economia moderna se assenta nas ondas de inovações científico-tecnológicas que, a partir da segunda metade do século XVIII, se sucedem de maneira mais ou menos regular. Cada uma destas ondas se caracteriza, *grosso modo*, por: (1) exploração em larga escala de uma nova classe de materiais (fibras vegetais e animais; ferro e alguns metais não-ferrosos, com o cobre sendo um dos principais; produtos químicos inorgânicos e orgânicos; silício e outros semicondutores, ...); (2) desenvolvimento de novas fontes primárias e de vetores de energia (carvão, petróleo, gás natural, vapor, eletricidade, ...); (3) expansão dos meios de comunicação (estradas de ferro, navegação a vapor, telégrafo, rádio, motor a combustão interna, aviação, telecomunicações) e, mais recentemente, a expansão da capacidade de armazenar e processar dados (computador).

Foi na Inglaterra que a Revolução Industrial teve início. As razões históricas de sua eclosão naquele país, naquele momento, ainda são debatidas por historiadores e sociólogos. Mas, não há dúvidas de que, a partir da segunda metade do século XVIII, algo de novo aconteceu na história da humanidade. Os conceitos de crescimento e de desenvolvimento econômico só passaram a existir a partir do momento em que parcelas da sociedade humana aprenderam a dominar, ainda que de forma imprecisa e nem sempre eficiente, o processo endógeno de geração de riqueza que caracteriza o que chamamos de Revolução Industrial. Do ponto de vista econômico, social e político, a cada nova onda, alguns países até então considerados retardatários conseguiram alcançar as nações líderes da época, fazendo uso inteligente das tecnologias estabelecidas e das descontinuidades tecnológicas resultantes de inovações revolucionárias. Foi assim, por exemplo, sucessivamente, no século XIX com Alemanha, França e Estados Unidos e, no século XX, com os exemplos mais próximos e espetaculares do Japão e da Coreia do Sul. Apesar de sua aparência “milagrosa”, cada uma dessas “decolagens” econômicas dos países retardatários foi precedida de um esforço, por vezes prolongado, de afirmação nacional, e acompanhada, também, por uma elevação substancial do patamar de qualificação de seus recursos humanos, seja em termos de educação básica de qualidade e universal, seja em termos de treinamento para atuação da força de trabalho em setores modernos específicos da economia industrial.

Na base dessas ondas de inovação se identifica, de forma sistemática, a expansão da fronteira de materiais explorados ou criados pela engenhosidade humana (fibras naturais, como algodão e lã; ferro e aço, cobre; plásticos e polímeros em geral; semicondutores etc). É por isso que muitos autores sustentam a tese de que a economia industrial moderna é, antes de tudo, uma economia fundamentada na Ciência e Engenharia de Materiais. Neste contexto é que a Nanotecnologia vem sendo identificada como uma nova onda de inovações com o potencial de mudar o patamar de riqueza das nações.

Neste artigo não cabe discutir os detalhes da Revolução Industrial, a não ser na medida em que ilustram aspectos relevantes para nosso tema. O século XVIII vê surgir a indústria têxtil, a máquina a vapor e o carvão como importante fonte de combustível. As demandas desta indústria por materiais têm duas vertentes: por um lado, a produção de fibras vegetais e animais como matéria-prima, por outro, a produção de ferro para suas máquinas cujo número aumenta rapidamente. A etapa seguinte, no final do século XVIII e século XIX, foi a da aceleração dos meios de transporte: estradas de ferro e navegação a vapor. Era preciso trazer de países distantes a matéria-prima para a indústria e circular rapidamente e em grandes quantidades a mercadoria cuja produção se acelerava pelo aumento de produtividade permitido pelo uso das máquinas. O século XIX viu também surgir uma indústria química importante, que se expandiria formidavelmente no século XX, e o aperfeiçoamento das técnicas de produção de ferro e aço. A eletricidade começa a ser usada, sendo o telégrafo a primeira grande aplicação deste novo vetor de energia e informação. O telégrafo, ao mesmo tempo, impulsionou as tecnologias de extração e metalurgia do cobre, demandado em quantidades cada vez maiores para os fios transmissores. O final do século XIX foi pródigo em inovações que impulsionaram a próxima etapa da Revolução Industrial. Para citar as três mais importantes: gerador elétrico, motor a combustão interna e a química orgânica. O gerador e o motor elétrico criaram não apenas uma nova indústria e fizeram da noite, dia, mas mudaram as linhas de produção das máquinas movidas por correias transportadoras ligadas a um motor central para máquinas com conjuntos motrizes autônomos. O motor a combustão interna gerou a indústria automobilística e a aviação comercial, cujos impactos são bem conhecidos. Sua sede por combustível gerou a indústria petrolífera e a petroquímica, da qual, entre outros, derivam os plásticos, juntamente com semicondutores, a mais importante categoria de novos materiais do século XX. E, por falar em semicondutores, na segunda metade do século XX, eles são a base da indústria eletrônica de massa, do computador pessoal, da telefonia móvel, e de uma nova fonte de luz: o laser de estado sólido. Em suma, materiais, materiais e materiais, se quisermos resumir as sucessivas ondas de inovação da Revolução Industrial a seu denominador comum.

A Microbiologia e a Genética do século XIX, com Pasteur e Mendel, nos deram a moderna Biotecnologia, dentro de um paradigma de fenômenos naturais distinto daquele dos fenômenos da Física Clássica e da Engenharia de Materiais. Entretanto, cada vez, se observa a convergência desses paradigmas, à medida que a escala dos fenômenos estudados tende para a escala do nanômetro.

É nesta seqüência de desenvolvimentos históricos que devemos ver a Nanotecnologia. Não se trata de um fenômeno à parte, mas de um processo já tantas vezes repetido desde o início da Revolução Industrial.

## NANOTECNOLOGIA

### A origem do nome

Nanotecnologia deriva do “nanômetro”, a unidade de medida que corresponde a um bilionésimo de metro (0,000000001 m). O prefixo “nano” é de origem grega e significa “anão”. O nanômetro é a escala de comprimento com que se mede o tamanho de átomos e moléculas. Os diâmetros atômicos, por exemplo, são da ordem de alguns décimos de nanômetros. Como todas as dimensões muito grandes ou muito pequenas que fogem da nossa experiência cotidiana, é difícil conceptualizar o que seja um bilionésimo. É preciso uma certa familiaridade, adquirida com a experiência de manipular e pensar a natureza nestas escalas, para que comecemos, de forma natural, a, raciocinar em nanômetros.

Entretanto, nem tudo que é nanométrico é necessariamente pequeno. A molécula mais importante do Universo, ao menos de um ponto de vista antropocêntrico, é um exemplo disto. Esta molécula é o ácido deoxirribonucléico, o DNA, que contém o código genético. Como se sabe, esta molécula é formada por duas fitas moleculares, ou em linguagem mais precisa, por dois heteropolímeros construídos a partir de quatro unidades monoméricas distintas (os nucleotídeos): adenina (A), timina (T), guanina (G), citosina (C). Estes nucleotídeos, dentro de uma mesma fita, se ligam entre si formando uma estrutura linear e, entre as fitas, formam pares ligados uns aos outros, compondo uma longa estrutura helicoidal. A história da descoberta da estrutura do DNA por Watson e Crick, com base nos dados obtidos por Rosalind Franklin, é bem conhecida. Em menos de 50 anos, aprendemos a “ler” o DNA, inclusive o nosso próprio. O par formado pelo monômero de uma fita ligado ao monômero da outra fita (esses pares são sempre A-T ou G-C), chama-se um par de base. As dimensões de um par de base são da ordem de um nanômetro. Portanto, se pensarmos no DNA como uma corda formada por dois fios trançados, o diâmetro desta corda é de cerca de um nanômetro. O DNA humano é formado por cerca de um bilhão de pares de bases. Ora, um bilhão de unidades de dimensões nanométricas formam uma molécula cujo comprimento pode ser medido em metros.

## O começo da Nanotecnologia

O século XX foi o século em que a antiga hipótese atômica dos gregos e a teoria atômica dos químicos e físicos do século XIX foi finalmente confirmada de forma irrefutável. A estrutura fundamental da matéria é descontínua, seu elemento básico, no nível de interesse imediato da Ciência e Engenharia dos Materiais, são os átomos. Noventa e um elementos químicos naturais distintos bastam para compor a infinita diversidade do mundo natural. Um outro elemento, o tecnécio, não possui nenhum isótopo estável e não ocorre naturalmente. Como os elementos transurânicos (com número atômico maior do que 92), o tecnécio é produzido artificialmente em reações nucleares.

Ainda no final do século XIX e início do século XX, a existência dos átomos era questionada por cientistas respeitados. Entretanto, as evidências de sua realidade foram se tornando, rapidamente, numerosas neste período. Cientistas do porte de Einstein, Bohr, Langevin, Rutherford e tantos outros, contribuíram, teórica e experimentalmente, para confirmar a existência de átomos e de sua estrutura interna. Essas pesquisas coroaram décadas de investigações científicas sobre a estrutura da matéria por algumas das mais brilhantes mentes do século XIX, como Kekule, proponente da estrutura em anel do benzeno, ou Boltzmann, formulador da teoria estatística dos gases. Apesar do conceito de átomo nos ser familiar hoje, a ponto de nos perguntarmos por que tanto barulho em torno de algo tão óbvio, a revolução conceitual resultante da descoberta de que somos construídos com os mesmos tijolos básicos empregados pela Natureza em todas as suas obras (ao menos naquelas que estão na nossa vizinhança imediata – quem sabe que mistérios o Cosmos ainda encerra?) é uma revolução que está nos seus primórdios.

A primeira metade do século XX foi um período de grande efervescência intelectual, com a progressiva descoberta e exploração das leis da Natureza que regem o nanomundo. A Mecânica Quântica, de Bohr a Schrödinger, Heisenberg, Pauli e Dirac (para citar apenas alguns dos grandes nomes da Física), revolucionou nossa visão do mundo, ao produzir uma explicação coerente dos fenômenos na escala nanoscópica. Duas grandes conquistas da Mecânica Quântica marcaram esta época gloriosa: a explicação da estrutura eletrônica de átomos e o entendimento do fenômeno da valência e ligação químicas. Transcorridos mais de três quartos de século de sua formulação matemática definitiva, não podemos, entretanto, ainda dizer que entendemos a Mecânica Quântica. Sabemos apenas que todas suas previsões teóricas, mesmo as mais estranhas para nossa intuição acostumada ao mundo da Física Clássica, vêm sendo verificadas. Quantização de níveis de energia, dualidade onda-partícula, amplitudes de probabilidade, estranhos fenômenos à distância, todas estas conseqüências do formalismo da Mecânica Quântica são reais.

Tomemos um único exemplo, que não exige nenhum conhecimento prévio. No nosso mundo clássico, dois objetos reais são iguais apenas dentro de certas margens de erro. Duas bolas de bilhar da mesma cor ou duas folhas de papel são iguaizinhas, até que comecemos a prestar mais atenção nelas. O mais rigoroso controle de qualidade da nossa indústria de produção em massa não consegue fazer dois objetos absolutamente idênticos. Dois gêmeos idênticos são “idênticos”, mas, pequenas falhas de montagem permitem, em um exame mais atento, distingui-los. A identidade absoluta, na nossa experiência imediata, só existe no mundo platônico da geometria, dos números, da matemática. No entanto, o mundo nanoscópico só pode ser explicado se dois elétrons forem absolutamente iguais um ao outro, tão platonicamente iguais quanto  $1=1$ . Precisamente a mesma massa, a mesma carga e o mesmo spin (o leitor não se preocupe com estes termos técnicos, não são essenciais para o que se segue).

Entenderemos algum dia os fundamentos desta belíssima construção intelectual de alguns gênios do século passado? Haverá outra teoria, que se esconde por detrás das equações conhecidas da Mecânica Quântica, mais acessível ao nosso entendimento, à nossa intuição? São perguntas que não podemos responder neste momento, mas que, muito provavelmente, tenham respostas negativas. O mundo nanoscópico é um mundo ao qual nunca teremos acesso direto, se não por meio de nossas equações e de imagens captadas por instrumentos ou recriadas em computadores. Temos de desenvolver uma nova intuição, adequada às propriedades únicas e estranhas desse mundo. Mas, não é assim também com cada nova grande obra de arte, que nos desvenda um novo mundo, com suas leis, seus fenômenos, suas estranhezas, com as quais precisamos nos acostumar, isto é, a “re”ver nossa experiência cotidiana?

O começo simbólico da Nanotecnologia é marcado por uma palestra proferida, no final de 1959, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, pelo físico Richard Feynman (Prêmio Nobel, 1965), intitulada “Há muito espaço lá embaixo”. Um dos pontos que Feynman quis enfatizar com este título foi ilustrado acima, com o exemplo do DNA. Parece incrível, à primeira vista, que uma molécula de mais de metro de comprimento possa caber dentro do núcleo de uma célula, o qual, normalmente, só podemos enxergar com o auxílio de um microscópio. O fato é que há muito mais espaço lá embaixo do que nossa intuição “macroscópica”

nos indicaria. Outro ponto levantado por Feynman, importantíssimo para o tema deste artigo, é a possibilidade de projetar e criar novos materiais, com propriedades físicas e químicas previamente determinadas, mediante a manipulação direta de átomos. Nas suas palavras: “Até agora nós temos nos contentado em escavar o subsolo para encontrar minerais. Nós os aquecemos e lhes fazemos coisas em uma grande escala, com a esperança de ter uma substância pura, com somente tanto de impurezas, e assim por diante. *Mas, nós temos sempre de aceitar os arranjos que a natureza nos fornece... O que poderíamos fazer com estruturas em camadas, com as camadas certas? Quais seriam as propriedades dos materiais se nós pudéssemos arrumar os átomos da forma que nós queremos?* Não posso ver exatamente o que aconteceria, mas não duvido de que quando tivermos algum controle sobre o arranjo das coisas em pequena escala nós teremos uma variedade enormemente maior de propriedades que as substâncias podem ter e das diferentes coisas que podemos fazer”. Para realizar o sonho de Feynman, foi preciso esperar alguns anos.

O desenvolvimento de instrumentos capazes de permitir este tipo de manipulação controlada e, sobretudo, a visualização de átomos e moléculas individuais, só veio a acontecer a partir do final da década de 70. Originou-se, então, o que hoje se chama “Nanotecnologia”, a Engenharia de Materiais na escala do nanômetro, a medida característica das dimensões atômicas e moleculares. Sem nos alongar demasiadamente sobre o tema, que é vasto, mencionemos, pelo lado da síntese de materiais nanoestruturados, as chamadas técnicas de crescimento epitaxial. Estas são técnicas usando diferentes processos, pelas quais se depositam sucessivas camadas de átomos sobre a superfície de um substrato de forma a ter um controle muito delicado da espécie e posicionamento dos átomos em relação ao substrato e à espessura de tais camadas. Essas técnicas nos permitem fazer o que Feynman queria: produzir novos materiais, camada atômica por camada atômica. Muitos dos lasers semicondutores que usamos na nossa vida cotidiana, em toca-discos CD e DVD, por exemplo, são produzidos por essas técnicas. Dentre os instrumentos da Nanotecnologia elencamos: a microscopia eletrônica de alta resolução, as microscopias de varredura (tunelamento e força atômica, entre as principais) e as fontes de luz síncrotron. Alguns destes instrumentos de caracterização de materiais nanoestruturados estão disponíveis em vários laboratórios no país. O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em Campinas, os possui todos e disponibiliza seu uso para a comunidade científico-tecnológica brasileira de modo aberto e competitivo. Isto mostra que, já há algum tempo, o Brasil vem investindo na formação de recursos humanos e na montagem de uma infra-estrutura laboratorial que pode ser usada para a Nanotecnologia.

Um fato muito importante, do qual se origina, em grande parte, o interesse industrial pela Nanotecnologia é que ela surge não apenas como a mais **recente** revolução em materiais, mas, de fato, a **última** revolução possível no domínio da Ciência e Engenharia de Materiais. Isto é, a Nanotecnologia, por manipular átomos, representa o limite final para o projeto e a criação de materiais inovadores capazes de impulsionar a economia mundial para um novo patamar. A complexidade deste problema, contudo, é tão grande, que ele estará conosco ainda por um bom tempo.

### Convergência de disciplinas

A Biotecnologia Molecular é uma das tecnologias que, hoje, se encontram sob o “guarda-chuva” da Nanotecnologia. A vida é a primeira, e ainda imbatível, nanotecnóloga. A maneira pela qual organismos vivos integram processos nanotecnológicos, da escala atômica ao DNA, do DNA à célula, desta aos órgãos dos organismos multicelulares e destes aos indivíduos (possivelmente, também, em um nível ainda mais elevado, dos indivíduos às espécies), são de fazer inveja a qualquer aspirante nanotecnólogo humano. Darwin, com a teoria da evolução por descendência, descobriu a maneira pela qual os processos nanotecnológicos da vida interagem com o meio ambiente e entre si para produzir a imensa variedade do mundo orgânico. A forma pela qual um organismo vivo se replica e se desenvolve, a partir de uma “semente” de dimensões nanométricas, que ainda estamos aprendendo a conhecer, consiste em um paradigma de manufatura distinto daquele das nossas fábricas da Revolução Industrial.

O paradigma desta é o da Engenharia moderna: um projeto detalhado, com as dimensões de cada peça e as propriedades de cada um dos materiais que a compõem cuidadosamente especificadas, a serem reproduzidas tão bem quanto possível com as ferramentas e os materiais disponíveis. Cada peça é depois encaixada no produto final, num processo de montagem e integração que, por mais complexo que seja, nos parece (e efetivamente é!) de uma simplicidade total, se comparado à construção de um ser vivo. Já o paradigma de manufatura da Vida é outro: a partir de uma macromolécula, que contém as instruções necessárias para a montagem das peças básicas, e de um meio nutriente apropriado, estas peças vão se encaixando, em crescentes graus de complexidade e integração, até chegar ao “produto” final – o indivíduo.



A crescente convergência da Biotecnologia e da Nanotecnologia na Nanobiotecnologia, é uma das seqüências da busca de novos paradigmas de manufatura, nos quais os modelos biológicos, de construção “de baixo para cima” (o DNA, a “fábrica”, é menor do que o “produto”, o indivíduo), começam a ser explorados seriamente como adição aos paradigmas tradicionais de manufatura “de cima para baixo” (a fábrica é maior do que o produto). Esta convergência já está levando ao surgimento de novos processos industriais e de novos produtos – isto é, ao surgimento de novas indústrias e de novos mercados onde as principais barreiras de entrada, no momento, são o conhecimento e a criatividade dos empreendedores (Para sermos pragmaticamente realistas, uma boa dose de recursos de fomento à pesquisa e desenvolvimento, adicionada de farto capital de risco, ajuda bastante também.). Um exemplo disto são os esforços de síntese do fio de seda da aranha, cujas propriedades físicas, em termos de resistência e elasticidade, fazem dele uma matéria-prima para inúmeras aplicações práticas. Grandes empresas como a Dupont e empresas nascentes como a Nexia do Canadá estão empenhadas em colocar no mercado, o mais breve possível, novas fibras artificiais, produzidas por uma amálgama de tecnologia de DNA recombinante com técnicas tradicionais da Engenharia de Materiais.

Física, Química, Biologia, Tecnologia da Informação, todas se encontram no estudo dos fenômenos em nível nanométrico. Que novos conceitos e novas ferramentas surgirão desta convergência no estudo e compreensão, por exemplo, do cérebro humano? Que manipulações terapêuticas (ou nem tão benévolas) de nossas funções cognitivas este conhecimento permitirá? Ainda é muito cedo para responder a estas perguntas, mas, elas já estão sendo feitas e recursos colocados na pesquisa e desenvolvimento de novas interfaces máquina/cérebro.

### **Nanotecnologia: uma revolução conceitual?**

A Nanotecnologia não é apenas uma revolução potencial na forma como se produzem materiais e se projetam processos industriais, explorando a crescente capacidade de ver e manipular átomos e moléculas. A Nanotecnologia possui, igualmente, uma dimensão conceitual fascinante.

O paleontólogo Stephen Jay Gould costumava enumerar três grandes revoluções conceituais que mudaram a maneira da humanidade (ou, de uma fração da humanidade) perceber o Universo e o lugar da espécie dentro dele.

A primeira teria sido a revolução copernicana (1543), com a remoção da Terra do centro do Universo. Isto é, o “simples” fato de dizer que a Terra gira em torno do Sol e não o Sol em torno da Terra, algo que, hoje, não nos causa a menor trepidação emocional, teve, como sabemos, implicações profundas. Para entender a extensão do impacto provocado por Copérnico é preciso lembrar que sua afirmação não tratava apenas de uma questão astronômica, envolvendo corpos materiais, mas tocava no cerne de um conceito religioso e social da Idade Média: a centralidade da criação no Universo e a hierarquia de uma sociedade estruturada em castas, cujo poder central era recebido diretamente do Criador (“rei pela graça de Deus”). Copérnico removeu a Terra do centro do Universo medieval.

A segunda, ainda segundo Gould, teria sido a revolução darwiniana, que colocou em xeque a noção de criação bíblica. O conceito de evolução das espécies por descendência não apenas demanda a extensão por tempos imensos da existência da vida (hoje, sabemos que esta se mede em bilhões de anos), mas disputa o conceito de uma gênese divina, com as espécies surgindo de uma vez, perfeitas e adaptadas. Se a revolução copernicana já foi, em larga escala e transcorridos quatro séculos, parcialmente digerida por nossa cultura, a revolução darwiniana ainda suscita as mais vivas controvérsias. O que Copérnico fez com a Terra, Darwin fez com a espécie humana – retirou-a do centro da criação. O homem não é mais um ser criado “à imagem e semelhança de Deus”, mas o produto de uma evolução genética contingente, talvez até um produto sem nenhuma certificação transcendente de qualidade (evidências para tanto não faltam em seu comportamento habitual).

A terceira teria sido a revolução freudiana que, para concluir o massacre do ego da espécie humana iniciado por Copérnico, lhe retira a última muralha que a separa do resto da criação: a ilusão da racionalidade. Não somos os beneficiários únicos de uma criação divina, com o resto da natureza disponibilizada para nosso proveito e prazer, não somos nem sequer uma espécie de “primus inter pares”. Freud nos mostra como somos movidos por instintos, espertamente acobertados por um fino verniz de “razão”. As idéias de Freud, como as de Darwin, continuam tema de muita controvérsia.

Assim, segundo Gould, de golpe em golpe, ao longo dos últimos quatro séculos, a humanidade lhe viu serem retirados, um a um, seus privilégios, sem nenhuma compensação especial, a não ser o conhecimento adquirido. Mais e mais, somos integrados a um Universo, que nos é dado contemplar, medir e calcular, mas não entender.

É fascinante especular sobre o impacto que a Nanotecnologia poderá vir a ter sobre a visão que a sociedade do futuro terá de nosso lugar no Universo. A noção de que tudo é feito de átomos, viria a completar o ciclo de redução do ego da espécie? Poderia a Nanotecnologia ser a quarta revolução conceitual, no espírito de Gould, a revelação de que tudo, de um grão de areia a um ser humano, é feito da mesma matéria-prima? Quem sabe, um dia, a internalização deste conceito ainda seja a salvação da espécie, na medida em que aprendermos, finalmente, que de fato somos pó e a ele retornaremos, como parte integrante do mundo natural e que cada agressão que fazemos a ele é uma agressão a nós mesmos? Vã esperança talvez, em se tratando de uma espécie cujos indivíduos não têm a menor hesitação em agredir seus semelhantes por terem uma cor de pele diferente ou por que não compartilhem suas opiniões.

No momento, entretanto, a Nanotecnologia se configura como algo muito real e concreto, como veremos.

#### INVESTIMENTOS E EXPECTATIVAS DE MERCADO

A Nanotecnologia ganha impulso e visibilidade, para não dizer, notoriedade pública, em 2000, quando o presidente Clinton lança a Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI-USA), com um orçamento de US\$ 270 milhões de dólares para apoiar o fomento à pesquisa pelas várias agências do governo federal norte-americano. As estimativas da National Science Foundation (NSF) são de que, entre 1997 e 2000, os investimentos mundiais em Nanotecnologia cresceram de um fator de quatro, atingindo, em 2000, mais de US\$ 2 bilhões por ano. Isto mostra que a Iniciativa Nacional americana não foi fruto de uma “geração espontânea”, mas veio para articular esforços públicos e privados que, naquele momento, já haviam adquirido uma dimensão respeitável, tanto em termos técnico-científicos quanto em termos de investimentos. A partir deste evento, a Nanotecnologia começa a receber investimentos públicos e privados cada vez mais importantes, com uma espécie de “corrida ao nano” visível na competição cada vez mais acirrada entre países desenvolvidos, em especial a “tríade” – Estados Unidos, Japão e União Européia – para incrementar os níveis de seus investimentos no campo. Entre 2000 e 2004, por exemplo, a NNI-USA quase quadruplicou seu orçamento, atingindo a marca dos US\$ 850 milhões para o ano fiscal 2004. Os países menores que, tradicionalmente, mais investem em pesquisa e desenvolvimento, como Coreia do Sul, Taiwan, Austrália, Israel, Canadá etc. também incrementaram substancialmente seus investimentos em Nanotecnologia. Praticamente todos eles ostentam hoje alguma espécie de Programa Nacional e as Feiras e Congressos de Nanotecnologia, voltados para o setor privado, se repetem com frequência nesses países.

A NSF estima, para dentro de 10 a 15 anos, um mercado de cerca de US\$ 1 trilhão para produtos e processos baseados na Nanotecnologia. Segundo a mesma organização, em 2002, este mercado já teria atingido a marca de US\$ 200 bilhões. São estas estimativas que têm impulsionado o desenvolvimento da Nanotecnologia. A Tabela abaixo mostra como esta expectativa de mercado se divide entre os grandes setores da economia, em ordem decrescente de sua importância econômica.

Vemos que os dois maiores mercados são Materiais e Eletrônica. Na área de Materiais, o Brasil tem

TABELA

Estimativa de mercados para produtos e processos baseados na Nanotecnologia

Materiais	US\$ 340 bilhões
Eletrônica	US\$ 300 bilhões
Farmacêuticos	US\$ 180 bilhões
Indústria química	US\$ 100 bilhões
Aeroespacial	US\$ 70 bilhões
Instrumentos	US\$ 22 bilhões

Fonte: National Science Foundation

possibilidades realistas de competir internacionalmente. Já na área de Eletrônica, dadas as conhecidas limitações nacionais, é pouco provável que o país tenha condições de competir em grande escala neste mercado na próxima década, ainda que no setor de sensores existam nichos a ser explorados. Os dois outros mercados importantes são produtos farmacêuticos e indústria química, setores onde o Brasil tem interesses estratégicos, seja pelas dimensões e demandas de seu mercado interno (farmacêutico), seja pela existência de grandes grupos empresariais nacionais (indústria química). Na indústria aeroespacial, como é bem sabi-

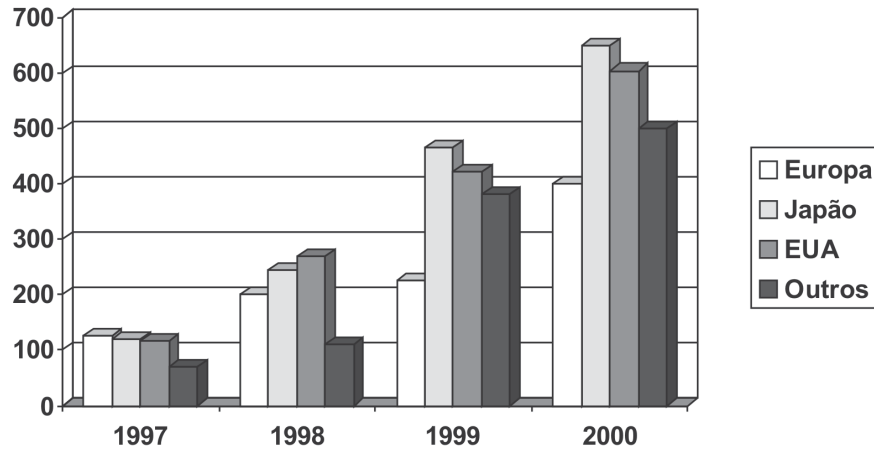


Figura 1: investimentos em pesquisa, desenvolvimento e engenharia em Nanotecnologia no período 1997-2000, incluindo investimentos públicos e privados. Valores globais (em milhões de dólares): 432 (1997), 825 (1998), 1502 (1999), 2154 (2000). Outros países: Austrália, Canadá, China, Coréia do Sul, Europa do Leste, Israel, Rússia, Singapura, Taiwan.  
Fonte: National Science Foundation

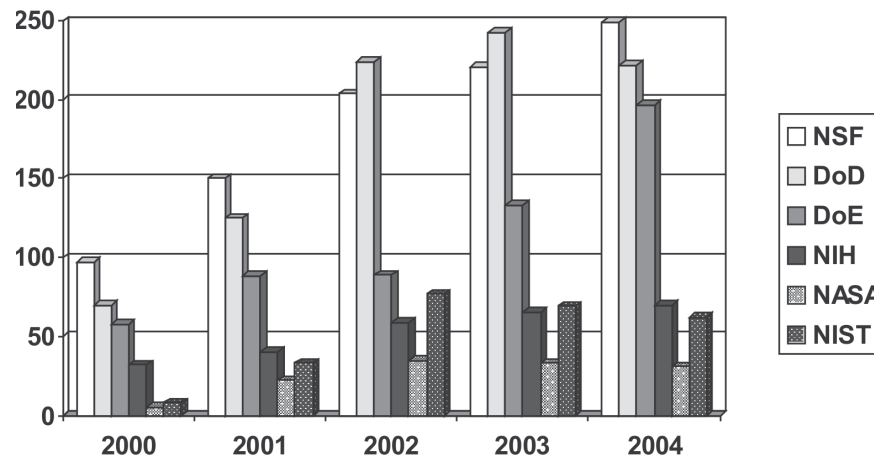


Figura 2: investimentos da Iniciativa Nacional de Nanotecnologia norte-americana. Valores globais (em milhões de dólares): 270 (2000), 465 (2001), 604 (2002), 710 (2003), 850 (2004). Agências do governo federal: National Science Foundation (NSF), Department of Defense (DoD), Department of Energy (DoE), National Institutes of Health (NIH), National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Institutes of Standards and Technology (NIST).  
Fonte: NSF

do, há apenas uma empresa de porte médio (por padrões internacionais) atuando no Brasil, a Embraer.

Há um outro setor, de grande relevância para o Brasil, que não é sequer mencionado nos estudos da NSF: o agronegócio. O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos para o setor de agronegócios no Brasil é vasto e merece uma atenção especial. Eles vão desde fertilizantes e defensivos agrícolas menos agressivos ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam ao consumidor sobre o estado do produto que está adquirindo.

A partir de setembro de 2001, um novo elemento veio se juntar à potencial atração de um grande mercado: a questão da defesa nacional nos Estados Unidos. A Nanotecnologia substituiu a corrida espacial e a corrida nuclear armamentista como a motivação para grandes investimentos públicos em Ciência e Tecnologia naquele país. O desafio é a detecção de ameaças, químicas, biológicas, nucleares, e a prevenção de atentados urbanos e a segurança do transporte aéreo civil. Nano-sensores de toda espécie, nano-incrementadores do desempenho do soldado, nano-blindagens, nano-espiões etc. fazem parte do cardápio de produtos desejáveis para garantir a supremacia militar (e econômica) dos Estados Unidos. O setor privado já contempla com entusiasmo a perspectiva de investimentos significativos do governo norte-americano, a fundo perdido, em Nanotecnologia para a defesa nacional, com seu potencial de “spinoffs” comer-

ciais de uso civil.

### ALGUNS PRODUTOS NANOTECNOLÓGICOS

Os produtos nanotecnológicos não se limitam à gama dos chamados produtos de alta tecnologia, como microprocessadores de última geração. Estes, encontráveis no mercado hoje em dia, já são “nanotecnológicos” no sentido de que as dimensões críticas de seus transistores se situam na faixa de dezenas de nanômetros. Entretanto, produtos como tecidos resistentes a manchas, protetores solares, vidros autolimpantes, desodorizantes de ambientes e vários tipos de revestimentos baseados em processos nanotecnológicos já são comercializados.

Recentemente, duas grandes empresas mundiais passaram a ofertar vidros para aplicações arquitetônicas chamados de “autolimpantes”. Estes vidros possuem um revestimento catalítico na superfície que não afeta as suas propriedades ópticas, mas que, ao absorver a componente ultravioleta da luz solar promove a decomposição de todos os depósitos de materiais orgânicos na sua superfície como, por exemplo, os resultantes dos gases de escapamento de veículos. Este revestimento tem ainda a propriedade de ser hidrofílico, ou seja, a água molha completamente a superfície do vidro, ao contrário dos vidros normais, cuja superfície é hidrofóbica e repele a água (daí a formação de gotas, que secam e deixam a superfície manchada). Com isto, a água da chuva carrega a sujeira acumulada na superfície. O interessante deste produto é que o revestimento consiste de uma camada de apenas 40 nanômetros de espessura do material ativo. Isto é Nanotecnologia em uma das indústrias mais tradicionais: a da construção civil.

Ainda na categoria de revestimentos, a indústria de cosméticos emprega nanopartículas de óxidos de titânio como absorvedoras de ultravioleta em bloqueadores solares. Como as dimensões dessas nanopartículas são muito menores do que o comprimento de onda da luz visível elas são “invisíveis” resultando em um produto incolor. As mesmas nanopartículas podem ser empregadas como base para outros produtos cosméticos ou medicinais.

Outro exemplo, são os tecidos resistentes a manchas que também já se encontram no mercado. Neste caso, a fibra têxtil sofre um tratamento superficial em escala nanométrica que faz com que ela repila líquidos que, porventura, caiam sobre o tecido. Roupas feitas com esses tecidos já estão disponíveis no mercado. Ou seja, a Nanotecnologia já está presente mesmo na mais velha indústria da Revolução Industrial.

Argilas naturalmente nanoestruturadas, como a montmorilonita, da qual o Brasil possui extensas jazidas na Paraíba, são empregadas pela indústria de plásticos como aditivo aos polímeros para reforçar suas propriedades mecânicas, retardar a propagação de chamas e bloquear a permeabilidade de gases através das paredes de recipientes plásticos. Todas estas características são importantes para usos comuns desses materiais.

A existência de tais produtos é uma característica da Nanotecnologia que não pode passar despercebida aos países em desenvolvimento. Ao contrário da revolução microeletrônica, quando os países podiam contemplar a possibilidade de exportar “commodities” e importar computadores e telefones celulares, a Nanotecnologia estará presente mesmo nas indústrias mais tradicionais. E, onde ela se fizer presente, a razão será simples: os processos de produção serão mais baratos, menos agressivos ao meio ambiente, menos consumidores de energia, e os produtos oferecerão mais valor aos clientes. Ou seja, onde a Nanotecnologia entrar no setor produtivo, ela o fará por ser um diferencial de competitividade importante. Neste sentido, a Nanotecnologia representa uma ameaça muito mais significativa para um país como o Brasil do que a microeletrônica o foi no passado.

No Brasil, a Associação Brasileira de Indústrias do Café (Abic) se propõe a utilizar um sensor de paladar nanotecnológico desenvolvido e patenteado pela Embrapa para avaliar a qualidade do café brasileiro. Este talvez seja o primeiro produto nanotecnológico brasileiro com uma aplicação imediata em um setor de grande importância econômica. Ainda em fase de pesquisas, mas bastante avançadas, podemos mencionar a entrega de drogas (drug delivery) usando técnicas nanotecnológicas que estão sendo pesquisadas por vários grupos brasileiros. Igualmente, no setor da petroquímica podemos identificar ao menos um exemplo concreto de pesquisa financiada pela Petrobrás, cujos resultados foram patenteados pela empresa e que dizem respeito ao desenvolvimento de nanocatalisadores.

### **Nanotecnologia: um risco para a humanidade?**

A Nanotecnologia terá o mesmo destino da energia nuclear e da engenharia genética, despertando o medo e, por vezes, a ira dos ativistas políticos do século XXI? Já há incipientes movimentos no sentido de impor uma moratória às pesquisas em Nanotecnologia. Evidentemente, não há nada mais contraproducente



do que uma moratória nas pesquisas. Sem pesquisa, como vamos sequer descobrir os riscos de uma nova tecnologia?

Toda nova descoberta científica ou invenção pode ter conseqüências nocivas não imaginadas por seus proponentes. Esta lição, ao menos dois séculos e meio de Revolução Industrial nos ensinaram. Como tudo na vida, entre o branco e o preto, há muitos tons de cinza. No final das contas, no que temos há oportunidades e riscos a serem considerados. Embora este artigo esteja focado nas oportunidades, em plena era do aquecimento global e da poluição causada pelos avanços da Revolução Industrial, não podemos deixar de lado os riscos sempre presentes em toda a tecnologia.

O uso de nanopartículas em processos industriais e em novos produtos apresenta riscos potenciais à saúde humana. Em processos industriais, há o risco de nanopartículas escaparem para o meio ambiente e serem inspiradas pelos trabalhadores. Há dois exemplos clássicos de problemas de saúde causados por este tipo de poluição: o pulmão de mineiro e o problema do asbestos, ambos causados pela inspiração de partículas microscópicas, que se depositam e afetam o tecido pulmonar. A diferença é que, por suas dimensões, nanopartículas podem penetrar na corrente sanguínea e, no limite, inclusive vencer a barreira protetora cerebral e se depositar no cérebro. Portanto, os riscos existem e precisam ser estudados.

O mesmo ocorre com o uso de sistemas de entrega de medicamentos, os quais poderão apresentar efeitos colaterais ainda ignorados. Neste caso, os procedimentos para a aprovação de qualquer nova droga ou procedimento terapêutico, ao menos nos países desenvolvidos, costumam ser bastante rígidos o que dá uma certa medida de segurança (com a contraprova do caso da talidomida ainda viva na memória de todos, é claro que não se pode confiar absolutamente em tais procedimentos).

Implicações de outros tipos de aplicações de dispositivos nanométricos, tais como sistemas de monitoração “invisíveis”, implantes cerebrais para controle de comportamento etc. ainda estão no domínio da ficção científica, mas, como sua existência não contraria nenhuma lei da natureza, é de se esperar que venham a ser desenvolvidos, mais cedo ou mais tarde.

Portanto, a sociedade precisa estar atenta não apenas às oportunidades, mas, igualmente, aos riscos que a Nanotecnologia poderá trazer em seu bojo, sem maximizar umas nem minimizar outras. Neste sentido, é preciso deixar bem claro, a Nanotecnologia não difere de nenhuma outra tecnologia humana: todas elas possuem efeitos colaterais inesperados. No final das contas, apenas mais conhecimento nos permite aproveitar os benefícios da tecnologia e conter seus malefícios.

## PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

### A Nanotecnologia no Brasil

Como em outros países, no Brasil se fazia Nanociência e Nanotecnologia antes destas pesquisas serem batizadas como tais. (Se batismo dá nome, isto não significa que ele crie o indivíduo.) Nas universidades e centros de pesquisa do país, materiais e dispositivos nanoestruturados são sintetizados e estudados desde a década de 70. O Departamento de Física Aplicada da Unicamp, com o desenvolvimento de lasers semicondutores, liderado pelo Professor José E. Ripper Fo., foi o pioneiro nas aplicações da Nanotecnologia (“*avant la lettre*”) no Brasil. Em trinta anos, muito se fez na montagem de uma infra-estrutura de pesquisa e na formação de recursos humanos. Grupos de Química da melhor qualidade, em várias universidades do país, vêm sintetizando e estudando materiais nanoestruturados há vários anos. A equipe do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, envolvida desde 1981 nas discussões, projeto e construção da fonte de luz síncrotron brasileira, criou uma das mais importantes infra-estruturas científicas do país para a Nanotecnologia.

Menciono a seguir alguns exemplos de problemas sendo estudados, com potencial aplicação comercial da Nanotecnologia no Brasil, meramente para indicar alguns grupos e temas que estão sendo tratados no Brasil. Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o grupo do Prof. Jairton Dupont (Instituto de Química) vem pesquisando catalisadores nanoestruturados de metais de transição, em um trabalho apoiado pela Petrobras. Na Faculdade de Farmácia da mesma Universidade, a Profa. Sílvia Guterres e seu grupo vêm trabalhando, com muito sucesso, no problema da entrega de medicamentos (drug delivery) empregando nanopartículas como portadoras das drogas. Nos laboratórios de instrumentação da Embrapa, em São Carlos, SP, o Dr. Luiz Henrique Mattoso e seu grupo desenvolveram uma “língua eletrônica”, um sensor de paladar, já mencionado anteriormente, cujos elementos ativos são filmes poliméricos de espessuras nanométricas. Na USP, o grupo do Prof. Henrique Toma, tem desenvolvido novos materiais que podem atuar como sensores, tendo, inclusive, prototipado um medidor em tempo real de sulfitos em vinho, que poderia ser utilizado pela indústria vinícola. O Prof. Oswaldo Alves, da Química da Unicamp, é um dos pioneiros no país na síntese de nanopartículas semicondutoras por via química, com a possibilidade de extensas aplicações em optoeletrônica

e marcadores moleculares. Na área de materiais nanoestruturados, temos ainda o grupo dos Profs. Elson Longo e Edson Leite da Universidade Federal de São Carlos, SP, que trabalha junto a empresas, muito próximo às aplicações da Nanotecnologia. Na Universidade de Brasília, o Prof. Paulo César de Moraes trabalha com nanopartículas magnéticas dissolvidas em fluidos, materiais com aplicações práticas que se estendem desde selantes em componentes mecânicos até a entrega controlada de medicamentos. Em Pernambuco, o grupo do Prof. Celso P. de Melo trabalha no desenvolvimento de um “nariz eletrônico”. A teoria e a simulação computacional do comportamento de materiais nanoestruturados se encontra bem desenvolvida no Brasil. Além das já mencionadas, nas principais universidades do país – USP, UFMG, UFRS, UFSC, UFPR, UFRJ, UFBA, UFCE – há grupos experimentais e teóricos de nível internacional estudando estes problemas. Felizmente, os grupos trabalhando em Nanotecnologia são numerosos demais para que seja possível fazer-lhes justiça, elencando-os de forma exaustiva no espaço deste artigo.

Reconhecendo a existência dessa infra-estrutura e de recursos humanos qualificados, há cerca de três anos, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) começaram a se preocupar com a importância estratégica da questão da Nanotecnologia para o desenvolvimento econômico brasileiro.

O Prof. Celso P. de Melo, na época um dos diretores do CNPq, auxiliado pelo Prof. Anderson Gomes, da Universidade Federal de Pernambuco, foram os responsáveis pela estruturação, em 2001, por meio de um processo competitivo de apresentação de projetos, de 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. Outros Institutos do Milênio estão focados em temas relacionados com nano e Nanobiotecnologia.

Contudo, essas importantes iniciativas, por assim dizer “horizontais”, não serão suficientes, dada a dimensão que o desafio da Nanotecnologia assumiu globalmente. A fim 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, em 2001, a realização de um estudo visando à formulação de um Programa Nacional de Nanotecnologia, dentro do qual se inseriria a criação de um Centro Nacional de Referência. Este estudo foi completado ao final de 2002 e apresentado no MCT ao Comitê Supervisor das Unidades de Pesquisa.

Pode-se dizer, com relativa segurança, que o Brasil conta, hoje, com uma infra-estrutura para pesquisa e formação de recursos humanos de nível adequado, ainda que com grandes lacunas, inclusive em áreas críticas, como a da micro e nanofabricação. O MCT tinha planos de suprir algumas dessas lacunas com a criação do Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia, mas esta idéia foi abandonada. Em realidade, o desafio da Nanotecnologia no Brasil é menos o de equacionar o problema de oferta do que de estimular a demanda pelo setor privado por conhecimento na área. Esta situação, como sabemos, é bastante comum em nosso país e não diz respeito exclusivamente à Nanotecnologia. A proposta do Programa Nacional de Nanotecnologia, a ser coordenado pelo MCT, mas envolvendo vários outros ministérios, visava estimular esta demanda por pesquisa, desenvolvimento e inovação competitivas internacionalmente.

O Programa teria como métrica de sucesso a captura, por empresas brasileiras, de uma fatia do mercado internacional para produtos e processos baseados na Nanotecnologia. Estimativas bastante preliminares das possibilidades brasileiras para a próxima década, colocam este mercado na faixa de US\$ 1 bilhão. Naturalmente, este valor dependerá muito dos investimentos que vierem a ser feitos, das políticas seguidas, inclusive em relação ao capital estrangeiro, e da sustentação continuada de um esforço nacional de formação de recursos humanos e de pesquisa e desenvolvimento.

## Educação

A Nanotecnologia, como já se pode perceber em outros países e mesmo no Brasil, possui um apelo para os mais jovens comparável ao da Biologia Molecular, com o Projeto Genoma. Isto coloca o grande desafio de saber aproveitá-la para acelerar e incrementar a formação de recursos humanos. A natureza não se divide em escalas de comprimento nem em disciplinas departamentalizadas. O sucesso da Nanotecnologia dependerá de nossa capacidade de integrar estrutural e funcionalmente materiais e fenômenos da escala do nanômetro até a escala do metro. Dependerá, igualmente, da nossa capacidade de fazer as pontes necessárias entre as mais variadas disciplinas, como Química, Física, Biologia, Computação, Ciência dos Materiais,

Neurologia etc. Nas palavras de um dos mais brilhantes químicos da atualidade, o Professor G. Whitesides, da Universidade de Harvard, “provavelmente a maior necessidade é por pesquisadores – especialmente *jovens* pesquisadores – que sejam capazes de falar a linguagem de todas as disciplinas interagentes. [...] Será que é possível, na prática, para um único indivíduo saber o suficiente sobre múltiplos campos para ser capaz de usar a informação desses campos fluentemente na sua própria pesquisa? Pode alguém ser um generalista eficaz e um especialista proficiente ao mesmo tempo? Talvez sim, talvez não. Como uma alternativa, o grupo de pesquisa interdisciplinar – um ente social que sempre esteve no centro da pesquisa em materiais – provê um bom ponto de partida. [...] Mesmo com grupos interdisciplinares, entretanto, será criticamente importante ter “tradutores”, isto é, indivíduos que possam falar o suficiente das várias linguagens para ajudar cada membro do grupo a entender os outros” (G. M. Whitesides, *Materials Research Society Bulletin*, Janeiro de 2002, p. 56-65).

Assim como a Engenharia da Computação não existia nas nossas universidades há pouco mais de uma geração e emergiu como uma área específica do conhecimento em função dos avanços da Tecnologia da Informação, a Nanotecnologia eventualmente dará origem a diferentes áreas específicas do conhecimento que resultarão de uma combinação multi e interdisciplinar das disciplinas familiares de hoje. Já se observa esta tendência hoje, com o surgimento de cátedras nas universidades norte-americanas que refletem esta rápida evolução da Ciência. Na Universidade da Califórnia, em Irvine, por exemplo, um professor ocupa a cátedra de Engenharia Biomédica, com uma posição simultânea no Departamento de Mecânica e Aeroespaço. O que dizer de um engenheiro elétrico (MIT) que fez curso de Medicina e hoje é um especialista em nefrologia e transplantes de rins no hospital da Universidade de Michigan? Cada vez mais, veremos estas combinações aparentemente estranhas de especialidades acadêmicas surgirem. Cabe perguntar até que ponto a universidade brasileira está preparada para incorporar rapidamente esses avanços.

Mas, não é apenas na universidade que precisamos ver mudanças aparecerem. No âmbito das empresas, também a demanda será progressivamente maior por técnicos capazes de transitarem com maior facilidade por diferentes especialidades ou entenderem os rudimentos das linguagens de diferentes disciplinas, na medida em que estas convergem na escala nanométrica. Afinal, as propriedades de um átomo de carbono são as mesmas independentemente de ele estar dentro de uma molécula de DNA ou em um nanotubo. Isto quer dizer, igualmente, que teremos de nos preocupar com o ensino da Nanociência e da Nanotecnologia no nível médio. Museus de Ciências no mundo inteiro já começam a preparar e a oferecer exposições voltadas para o melhor entendimento do que significa a descoberta de que o mundo a nossa volta é feito de átomos e de que possuímos, crescentemente, a capacidade de vê-los e manipulá-los.

Para um país como o Brasil, pode parecer um grande luxo e uma grande inutilidade ensinar Nanotecnologia na escola primária. Por outro lado, se o país souber aproveitar esta oportunidade, ele poderá contar com uma das forças de trabalho melhor preparadas do mundo dentro de duas ou três décadas. Já que estamos mesmo partindo de um ponto bem atrás dos nossos concorrentes, a única maneira de alcançá-los é dando o “pulo do gato” e saltando lá na frente. Naturalmente, isto vai requerer um grande esforço e uma atenção especial das autoridades e das lideranças sociais à questão da educação científica e tecnológica do Brasil. Porém, este é o diferencial que distinguirá entre os países em desenvolvimento capazes de alcançar os países desenvolvidos ao final deste século, aqueles que continuarão indefinidamente como países periféricos, em permanente crise social e econômica.

Atrair jovens talentosos para as ciências e engenharias continua sendo um grande desafio. Dar-lhes, também, condições de realizar seu potencial intelectual ou de empreendedorismo – e a conjunção “ou” é aqui usada no seu sentido inclusivo – são atividades fundamentais para assegurar a futura prosperidade da sociedade brasileira. Nem o poder público, nem a sociedade brasileira em geral, de fato, nem sequer a academia, se deram conta ainda da magnitude do que está em jogo na questão da Nanotecnologia. Os sinais e as evidências históricas são claros de que se prepara uma nova onda de inovações, que vai alavancar o crescimento econômico dos países, capaz de aumentar ainda mais o fosso que separa os pobres dos ricos. Que resposta teremos a dar?

### **Oportunidades e ameaças para a economia brasileira**

Se, como vimos acima, os competidores externos do Brasil estão investindo pesadamente em Nanotecnologia, o Brasil corre o sério risco de ficar para trás. Como todas as rápidas mudanças tecnológicas, a Nanotecnologia representa uma oportunidade, mas também uma ameaça para os países retardatários. Aqueles que souberem aproveitar o momento dessa descontinuidade tecnológica alcançarão novos patamares de desenvolvimento econômico e bem estar social. Aqueles que não souberem, mais uma vez, esta-

rão condenados ao atraso.

Os produtos brasileiros perderão competitividade no mercado externo, seja em termos de atualização tecnológica, seja em termos de imagem e preço, à medida que os avanços em Nanotecnologia forem se consolidando no exterior. É preciso ainda lembrar que as barreiras técnicas para a entrada nos países desenvolvidos de “commodities” do agronegócio, referentes ao nível de contaminantes, estão sendo revistas à luz da Nanotecnologia. Ou seja, mesmo os produtos agrícolas tradicionais do Brasil poderão não entrar nos mercados dos países desenvolvidos, por regras perfeitamente admissíveis pela Organização Mundial do Comércio.

Mas, terá o Brasil alguma chance, tendo em vista os investimentos maciços que estão sendo feitos no exterior e a muito maior disponibilidade de recursos financeiros e de recursos humanos altamente qualificados naqueles países? Esta é, de fato, uma preocupação sob todos aspectos relevantes. Contudo, é preciso não perder de vista que há oportunidades no Brasil que são únicas do país, seja no setor de materiais, seja no setor da Nanobiotecnologia, ou em sensores, em aplicações no agronegócio e na agricultura tropical e muitos outros. As barreiras para o desenvolvimento são muito mais internas do que a existência de uma forte competição externa. Havendo criatividade, mecanismos ágeis de incentivo à inovação no setor privado e apoio ao empreendedorismo dos jovens talentos brasileiros, é possível desenvolver uma Nanotecnologia bem sucedida no país.

Na área de exploração mineral, por exemplo, o Brasil é rico em jazidas de montmorilonita, uma argila naturalmente nanoestruturada. Este material, processado, é empregado pela indústria de plásticos como reforço mecânico, retardante de fogo e redutor da permeabilidade a gases. Por que não desenvolver um processo nacional de processamento do minério e, em lugar de vendê-lo sob a forma e ao preço de “terra suja”, vendê-lo sob a forma de um material de alto valor agregado?

As oportunidades que se apresentam são muito interessantes. Um “roadmap” tentativo bastante simplificado seria o seguinte:

A) em um horizonte temporal de cinco anos se pode pensar em iniciativas de baixo risco tecnológico e comercial, com investimentos modestos, tais como processamento de materiais naturais para aplicações em processos industriais, revestimentos, tintas, cosméticos entre outras. Por razões bem conhecidas da cultura empresarial e das condições macroeconômicas brasileiras, o foco inicial do programa teria de ser no curto prazo, com o fito de criar efeitos de demonstração importantes. O processamento de materiais naturais oferece ainda a possibilidade de geração de empregos e do estabelecimento de algumas plataformas regionais de desenvolvimento que partam de indústrias de nível tecnológico menor, ainda que bastante intensivas em conhecimento, para a construção de indústrias progressivamente mais sofisticadas do ponto de vista tecnológico;

B) no horizonte temporal de até dez anos, a intensidade da pesquisa requerida seria maior. Portanto, investimentos e riscos seriam, igualmente, maiores. Obviamente, o interesse do setor privado neste horizonte temporal vai depender crucialmente do nível de investimentos públicos. Neste horizonte temporal, despontam imediatamente algumas possibilidades interessantes: (1) indústria química (em especial, catalisadores), um setor industrial mais acostumado a investimentos de prazos de maturação maiores e de maior intensidade de pesquisa; (2) sensores, tanto para aplicações abióticas como bióticas; (3) entrega controlada de princípios ativos (drogas, fertilizantes, defensivos agrícolas). Os prazos de maturação e de entrada no mercado de produtos e processos desta fase são muito variados. Temos no Brasil, hoje, empresas nascentes com idéias e protótipos em desenvolvimento cujo maior desafio é o de atravessar o “vale da morte” e chegar ao mercado. Como exemplos, pode-se citar a já mencionada a “língua eletrônica” da Embrapa, um medidor de sulfitos em tempo real para a indústria vinícola desenvolvido no Instituto de Química da USP e catalisadores para a indústria química. Portanto, em princípio, não será preciso esperar dez anos para obter os primeiros resultados;

C) em um horizonte temporal para além de dez anos, desenha-se a possibilidade de construção de novas trajetórias tecnológicas para o país, sobretudo na área de aplicações médicas (inclusive medicina preventiva de massa e saneamento básico), energia, defesa nacional, telecomunicações, aeroespacial e outras, que merecem uma atenção especial por parte do Poder Público. Naturalmente, neste horizonte, investimentos e riscos são grandes e, portanto, a presença do Estado será essencial.

## CONCLUSÃO

Neste artigo, procurei dar um breve panorama da Nanotecnologia, em seus mais variados aspectos, como área do conhecimento em franca expansão e como instrumento de desenvolvimento econômico.



Como todos os temas que entram na moda, Nanotecnologia é hoje um terreno minado. Separar o joio do trigo, distinguir o que é verdade e conquista sólida, do que é mera propaganda exagerada de seus benefícios ou malefícios nem sempre é possível, especialmente para o leigo.

Procurei mostrar três aspectos da Nanotecnologia neste artigo.

1) Como aventura intelectual, a Nanotecnologia pode ser vista como a continuação da investigação humana sobre a estrutura da matéria e como uma potencial nova revolução conceitual de nossa visão do mundo. O conhecimento de que tudo é feito de átomos é muito recente. Os instrumentos para validar esta hipótese mediante a visualização e manipulação dos átomos são ainda mais recentes. As equações fundamentais que descrevem o comportamento da matéria na escala atômica são conhecidas desde a década de 20. Mas, como já dizia Dirac, um dos formuladores dessas equações, elas são complicadas demais para serem resolvidas. Assim, o desafio de entender o comportamento de átomos e moléculas e de aprender a controlá-los para a produção de novos materiais e desenvolvimento de novos processos industriais continua tão vivo como sempre: teoria e experimento se complementam, os avanços devem ser conquistados penosamente nas bancadas dos laboratórios e nas telas dos computadores. Muitos avanços dependerão, com certeza, de nossa capacidade de pensar a Natureza fora das barreiras disciplinares clássicas e de formar uma geração de pesquisadores “poliglotos”, capazes de operar com facilidade em grupos multi e interdisciplinares. Para um jovem que hoje se inicia na Ciência, a Nanotecnologia, com suas ramificações na Física, Química, Biologia, Ciência dos Materiais, Medicina, Engenharia etc. oferece oportunidades excepcionais para uma carreira científico-tecnológica.

2) Como instrumento de desenvolvimento econômico, a Nanotecnologia hoje é uma promessa, mas uma promessa que começa a se realizar. Investimentos que se medem em bilhões de dólares por ano, programas nacionais de pesquisa de grande porte, programas industriais de desenvolvimento de novos produtos, são esforços que buscam realizar a visão de um mercado de trilhão de dólares para produtos e processos baseados na Nanotecnologia dentro de uma década. Neste sentido, cabe mais uma vez o alerta: a Nanotecnologia não é apenas “alta tecnologia”, o domínio de grandes empresas operando em setores de fronteira da eletrônica ou da farmacêutica. Nanotecnologia é uma engenharia de materiais que perpassa as indústrias mais tradicionais: dos têxteis à construção civil; do processamento de materiais naturais às indústrias de revestimentos, inclusive cosméticos; da siderurgia tradicional a toda a cadeia do agronegócio.

3) Procurei mostrar que as duas vertentes da Nanotecnologia elencadas acima compõem um instrumento poderoso para alavancar o desenvolvimento social e econômico do Brasil, se soubermos aproveitá-las inteligentemente. De um lado, a pesquisa, mas sobretudo a educação, em especial a educação em Nanotecnologia nos níveis médio e técnico-profissionalizante colocam um enorme desafio para o país. É preciso qualificar, e qualificar rapidamente, uma mão de obra à altura das demandas de uma economia não forçosamente de “alta tecnologia”, mas, com certeza, intensiva em conhecimento, que será a economia da Nanotecnologia. Por outro lado, é indispensável desenvolver a demanda pelo setor privado por resultados comercializáveis da pesquisa feita no país. A Nanotecnologia impactará mesmo os setores mais tradicionais da indústria, inclusive o de “commodities”, uma base importante das exportações brasileiras. Se o país não souber aproveitar a janela de oportunidade da Nanotecnologia que está aberta neste momento, com certeza suas dificuldades econômicas se agravarão no futuro.



*Cylon Gonçalves da Silva*

**PERFIL PROFISSIONAL**

Bacharel em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
Mestre e Doutor em Física pela Universidade da Califórnia, Berkeley.  
Professor Emérito da Universidade Estadual de Campinas.  
Ex-Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.  
Membro da Academia Brasileira de Ciências.  
Ex-bolsista da John Simon Guggenheim Memorial Foundation.

# Bases para uma Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde

Reinaldo Guimarães

Departamento de Ciência e Tecnologia, Ministério da Saúde, Esplanada dos Ministérios,  
70058-900 Brasília, DF, Brasil  
E-mail: rfg@saude.gov.br

À memória de Sérgio Arouca, sanitarista brasileiro (1941-2003)

*O texto discute as bases para uma Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCT&I/S) como elemento estruturador do esforço brasileiro de pesquisa em saúde. Pelo menos desde a fundação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em 1951, este imenso esforço, que no Brasil se traduz por um conjunto de quase 18.000 pesquisadores atuantes em 4.900 grupos de pesquisa, não se sustenta em uma política pública explícita de saúde. O texto adota o ponto de vista de que o organismo adequado para constituir essa política é o Ministério da Saúde, como ocorre na maioria dos países com tradição em pesquisa. Uma PNCT&I/S necessita ser respaldada em uma agenda de pesquisa prioritária, cuja construção deve ser pactuada entre os atores mais relevantes, quais sejam os pesquisadores e os gestores de saúde. Deve também prever novos canais e fontes de fomento. A PNCT&I/S deve ser extensiva no que se refere à cadeia do conhecimento e inclusiva no que toca os pesquisadores e instituições de pesquisa. Por fim, deve sustentar-se na busca da equidade em saúde e na prática de padrões éticos de pesquisa.*

## A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA EM SAÚDE

Com a possível exceção da pesquisa militar, a saúde é o setor que despende a maior quantidade de recursos em termos mundiais. Em 1998, estimava-se terem sido algo como US\$ 73,5 bilhões<sup>1</sup>, mais de 90% nos países ricos e visando resolver os problemas dos países ricos. E no Brasil, qual a relevância da pesquisa em saúde? Em primeiro lugar, cabe uma delimitação. Por motivos variados, a pesquisa em saúde costuma ser circunscrita, mesmo em alguns ambientes especializados, ao seu maior, mas de modo algum exclusivo, componente: a pesquisa biomédica. Essa imprecisão conceitual gerou uma complicação metodológica e uma acomodação empírica. A complicação foi a de considerar “saúde”, como uma área do conhecimento, quando se trata de um setor de aplicação ou de atividade. A acomodação empírica subsequente foi medir o esforço de pesquisa em saúde pelo somatório daquilo que na árvore do conhecimento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) está incluído nas grandes áreas das ciências da saúde e das ciências biológicas.

Numa perspectiva conceitual expandida e numa abordagem setorial, cerca de 50% do esforço de pesquisa em saúde no país provêm de grupos vinculados às ciências da saúde, cerca de 25% provêm de grupos vinculados às ciências biológicas e os 25% restantes de grupos das demais grandes áreas. Essa repartição é exclusivamente quantitativa. Os 25% das ciências biológicas referem-se quase exclusivamente a grupos pertencentes às áreas cobertas pela FeSBE<sup>2</sup>, à genética e à microbiologia/parasitologia. Dentre as demais grandes áreas do conhecimento, as ciências agrárias, as ciências humanas e as ciências sociais aplicadas possuem uma presença maior. As engenharias e as ciências exatas e da terra estão presentes em grau

<sup>1</sup> OMS/Global Forum, Tracking Financing Flows in Health Research, 2001.

<sup>2</sup> Federação das Sociedades de Biologia Experimental, que agrupa as sociedades de bioquímica, biofísica, fisiologia, farmacologia, imunologia, neurociências e investigação clínica.

bastante pequeno. Esse desenho mobiliza, nos dias de hoje, cerca de 4.900 grupos, com 18.000 pesquisadores (11.000 doutores) e circunscreve cerca de 30% do esforço global de pesquisa no Brasil<sup>3</sup>. Trata-se do maior componente científico-tecnológico apropriável num único setor ou grande área do conhecimento no país. Números de contorno da pesquisa em saúde no Brasil para 2002 estão nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1

Grupos que atuam em saúde e total de grupos cadastrados no Censo do Diretório dos Grupos de Pesquisa, segundo a grande área do conhecimento predominante nas atividades dos grupos

Grande área do conhecimento <sup>a</sup>	Grupo que atuam em saúde <sup>b</sup> (S)	Total de grupos cadastrados (T)	% (S)/(T)
Ciências da Saúde	2.507	2.513	99,8
Ciências Biológicas	1.129	2.126	53,1
Ciências Humanas	430	2.399	17,9
Ciências Exatas e da Terra	319	2.051	15,6
Ciências Agrárias	216	1.653	13,1
Engenharias e Ciência da Computação	199	2.243	8,9
Ciências Sociais Aplicadas	91	1.429	6,4
Linguística, Letras e Artes	23	744	3,1
Total	4.914	15.158	32,4

*a*: grande área do conhecimento predominante nas atividades dos grupos de pesquisa; *b*: grupos com pelo menos uma linha de pesquisa relacionada à grande área ciências da saúde ou ao setor de atividade saúde humana.

TABELA 2

Número de grupos, linhas de pesquisa e pesquisadores que atuam em saúde, segundo a grande área do conhecimento predominante nas atividades dos grupos

Grande área do conhecimento	Grupos (G)	Linha de pesquisa (L)	Pesquisadores (P)	Doutores (D)	Pesquisadores (P <sup>a</sup> )	Doutores (D <sup>a</sup> )
Ciências da Saúde	2.507	7.958	13.371	8.277	10.302	5.886
Ciências Biológicas	1.129	3.261	5.054	4.064	3.983	3.081
Ciências Humanas	430	864	2.003	1.113	1.825	979
Ciências Exatas e da Terra	319	544	1.210	957	1.142	896
Ciências Agrárias	216	479	1.025	710	725	463
Engenharias e Ciência da Computação	199	410	782	596	727	547
Ciências Sociais Aplicadas	91	131	352	175	339	165
Linguística, Letras e Artes	23	41	110	58	108	56
Total	4.914	13.688	23.907	15.950	19.151	12.073
<i>a</i> : todas as grandes áreas, sem dupla contagem de pesquisadores					17.773	10.938

## A REEMERGÊNCIA DA PESQUISA EM SAÚDE

No plano histórico, a importância da pesquisa em saúde no Brasil é largamente reconhecida, estando os institutos de pesquisa em saúde dentre os primeiros e mais importantes do país desde o século XIX, na tradição de Claude Bernard, de Pasteur e da escola alemã. Da mesma forma, naquela que poderíamos denominar fase acadêmica da pesquisa brasileira (a partir de 1934, com a fundação da Universidade de São Paulo), a pesquisa em saúde sempre ocupou um lugar de destaque, na qual permaneceu durante o período inaugurado com a criação do CNPq em 1951. No entanto, entre aquelas duas primeiras fases e esta última operou-se um crescente divórcio entre o núcleo hegemônico da pesquisa em saúde<sup>4</sup>, e as políticas de saúde, que se traduziu em um afastamento crescente entre a temática da pesquisa e as necessidades de saúde da população.

<sup>3</sup> CNPq/PRE/AEI, Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, Censo 2002.

<sup>4</sup> Em termos quantitativos, qualitativos e de reconhecimento e prestígio sociais.



Esse quadro perdurou até muito recentemente, quando uma parte importante da pesquisa em saúde em todo o mundo foi convidada a reorganizar-se para enfrentar o desafio das doenças emergentes ou re-emergentes, cujo berço estava no Terceiro Mundo, mas que passaram a ameaçar crescentemente as populações do Hemisfério Norte. À mobilização proposta por organismos multilaterais, tendo à frente a Organização Mundial de Saúde, o Brasil reagiu com um conjunto de iniciativas que resultaram na realização da Iª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde, em 1994. Pela primeira vez em nossa história, foi elaborada uma proposta explícita e abrangente de uma Política Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCT&I/S).

Por várias razões, entre as quais a de ter sido realizada ao final de um período atípico (curto) de governo, a maioria das resoluções da Conferência não foi implementada. De qualquer modo, tratou-se de uma iniciativa de alta relevância e a maior parte do acervo de idéias que lá se desenvolveu permaneceu vivo até os dias de hoje. Em dezembro de 2000, a XI Conferência Nacional de Saúde deliberou pela necessidade da realização da II Conferência Nacional de C&T em Saúde, prevista para o primeiro semestre de 2004. Este gesto político mobilizou diversos atores envolvidos com o tema da pesquisa em saúde e várias organizações, entre as quais a Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-graduação em Saúde Coletiva (Abrasco), produziram propostas de políticas nacionais orientadoras da pesquisa em saúde. As idéias que serão expostas a seguir foram, em sua maioria, debatidas no âmbito do Grupo de Trabalho em C&T da Abrasco<sup>5</sup>.

A política brasileira de C&T privilegia a eleição de setores de atividade econômica como base de sua concepção e orientação<sup>6</sup>. Esta ênfase, embora compreensível como direção geral, tem deixado de lado uma outra visão das políticas de C&T, em setores que possuem uma enorme relevância no Brasil e nos quais a atividade de pesquisa deveria ocupar um lugar muito mais central do que ocupa hoje e do que jamais ocupou. Trata-se do olhar em direção aos setores de atividade social, em particular os de alimentação, saúde, habitação e educação.

Este olhar da política de C&T em direção às políticas sociais possui também a virtude de operar um deslocamento na direção de um novo projeto nacional no qual possam ser mais valorizados o mercado interno e as necessidades da população brasileira. Por exemplo, no que se refere à alimentação, ao lado de aumentar a competitividade das *commodities* brasileiras de exportação (o que é, sem dúvida, importante), será essencial inaugurar linhas de apoio à pesquisa com vistas, por exemplo, a uma política de segurança alimentar. Uma nova PNCT&I/S terá, portanto, o desafio de, ao mesmo tempo, fomentar o avanço do conhecimento científico no setor de saúde, orientar os vetores de desenvolvimento tecnológico e de inovação da indústria de equipamentos, medicamentos, imunizantes e outros insumos básicos à saúde, sempre sem perder de vista os mecanismos de apropriação societária dos resultados alcançados no conjunto de suas ações.

O aumento da ênfase na pesquisa dirigida às políticas sociais impõe também o desafio de mudar a escala de articulação entre os organismos gestores de cada uma delas no âmbito federal. Nesse terreno as experiências não têm sido bem sucedidas e mudanças nos padrões de articulação são essenciais para diminuir o desperdício e aumentar a efetividade das ações de fomento. Nos quatro setores mencionados, uma forte sinergia entre os ministérios da Ciência e Tecnologia, da Saúde, da Educação, da Agricultura e do Meio Ambiente será necessária.

## FUNDAMENTOS E DIRETRIZES DA POLÍTICA DE PESQUISA EM SAÚDE

A desigualdade é o calcanhar de Aquiles da civilização brasileira. Todo o progresso conquistado por gerações, em todos os campos em que isso foi observado, esbarra na marca infame – muitas vezes crescente – da desigualdade. Não é diferente no campo da saúde. Os indicadores regionais e os referentes a diferentes grupos sociais dentro de cada região demonstram a profunda discriminação social quanto à saúde, seja nos padrões de morbidade, de mortalidade, no acesso aos serviços, na qualidade do atendimento, na disponibilidade de infra-estrutura sanitária, enfim em qualquer aspecto da intervenção pública ou privada

<sup>5</sup> Então constituído por Carlos Coimbra, Cecília Minayo, Célia Almeida, José da Rocha Carvalheiro, Madel Therezinha Luz, Maurício Lima Barreto, Moises Goldbaum, Reinaldo Guimarães (coordenador), Rita Barradas Barata. A íntegra da proposta da Abrasco para a PNCT&I/S pode ser encontrada em <[www.abrasco.org](http://www.abrasco.org)>.

<sup>6</sup> Que pode ser observada com nitidez na arquitetura e na operação dos Fundos Setoriais, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

atinente à mesma. O compromisso de combater a marca da desigualdade no campo da saúde (aumentar os padrões de equidade do sistema de saúde) deve ser o primeiro fundamento básico da PNCT&I/S e deve orientar todos os seus aspectos, todas as suas escolhas, em todos os momentos.

Em artigo recente, publicado no *Bulletin of the World Health Organization*, lê-se: “Se o sistema de pesquisa em saúde de um país pode ser considerado como o ‘cérebro’ do seu sistema de saúde, então a ética constitui a sua ‘consciência’. É imperativo que sistemas de saúde operem segundo as mais altas aspirações éticas e de justiça distributiva”<sup>7</sup>. Não resta dúvida de que as crescentes restrições observadas nos países centrais quanto à experimentos *in anima nobile* dentro de suas fronteiras têm estimulado a exportação de projetos de pesquisa, em particular de protocolos de ensaios clínicos e terapêuticos para serem executados em populações de países em desenvolvimento, em condições que seriam legalmente proibidas porque eticamente inaceitáveis no país de origem. O respeito estrito a padrões éticos na pesquisa deve ser o segundo fundamento básico da PNCT&I/S.

Uma PNCT&I/S voltada para as necessidades de saúde da população deveria ter como objetivo principal desenvolver e otimizar os processos de absorção de conhecimento científico e tecnológico pelas indústrias, pelos serviços de saúde e pela sociedade. O acatamento desta assertiva implica em analisar o esforço nacional de C&T em saúde como um componente setorial do sistema de inovação brasileiro. Por outro lado, essa perspectiva não deve sugerir uma visão reducionista ou utilitarista da política. Pelo contrário, reconhecendo a complexidade dos processos de produção de conhecimento científico e tecnológico neste setor, a PNCT&I/S deve dar conta de todas as dimensões da cadeia do conhecimento envolvida na pesquisa em saúde. Em outras palavras, deve ser uma política extensiva. Este caráter extensivo por um lado e seu compromisso social por outro, sugerem que a PNCT&I/S necessita ser pensada, proposta e executada segundo um modelo de lógicas complementares. No plano de sua missão, segundo a lógica da Política Nacional de Saúde, à qual está subordinada, com suas prioridades e objetivos gerais vinculados ao atendimento das necessidades de saúde da população e à conquista de padrões mais elevados de equidade em saúde. No plano de seu exercício, segundo a lógica das práticas e métodos da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico que são muitas vezes distintas das que governam a política de saúde.

Conceitualmente, no Brasil, não parece haver maiores dificuldades na delimitação do campo da pesquisa em saúde. Numa vertente de apreciação metodológica, o elemento central contido nesse conceito é que ele é fundado numa perspectiva de finalidade da ação da pesquisa: em outras palavras, numa perspectiva setorial. Entre outras coisas, a apropriação empírica do conceito de pesquisa em saúde baseado numa abordagem setorial sugere que ela deve ter um caráter abrangente, no sentido de incorporar uma grande variedade de atores, atuantes em outras áreas do conhecimento que não apenas as ciências da saúde e as ciências biológicas. O corolário imediato desse ponto de vista é que a PNCT&I/S deve tratar de uma agenda que incorpore potencialmente todo o leque da pesquisa científica e tecnológica que tenha como finalidade, imediata ou mediata, contribuir para a melhoria do estado de saúde da população. Em outras palavras, que seja abrangente. Compromisso social, extensividade e abrangência, estas deverão ser as três características estruturais mais importantes de uma PNCT&I/S brasileira.

## A PESQUISA ESTRATÉGICA

Vivemos uma época de intensas reformulações nos modelos explicativos do progresso técnico e, nesse contexto, um dos aspectos mais debatidos nos últimos anos tem sido o das relações entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica. As explicações lineares que trabalham com a perspectiva de que essas inovações são o ponto de chegada de um *continuum* cujo ponto de partida foi uma bancada de “pesquisa básica”, estão sob tela de júízo faz bastante tempo. Nessas novas aquisições conceituais deve ser ressaltada a pesquisa estratégica, que é relevante para uma PNCT&I/S por várias razões. Entre outras, por ser o tipo de pesquisa capaz de mobilizar a maior parte dos pesquisadores ativos no país.

A ênfase na pesquisa estratégica, para os brasileiros, possui ainda um outro aspecto a ser ressaltado. Talvez não se trate apenas de priorizar um padrão original de prática de pesquisa, mas de recuperar uma tradição centenária em nosso país, posto que ela está na raiz histórica da pesquisa em saúde no Brasil, no Instituto Bacteriológico de São Paulo (com Adolfo Lutz), no Instituto de Manguinhos (com Oswaldo Cruz), no Instituto Butantã (com Vital Brasil) e no Instituto Biológico de São Paulo (com Artur Neiva e Rocha

<sup>7</sup> Buttha, A. *Bull WHO* 2002.

Lima). Estas instituições, desde o final do século XIX e até os anos 30 do século XX, nada mais fizeram do que praticar a pesquisa estratégica de seu tempo, inspiradas no modelo de Pasteur. Um pouco mais tarde, podemos citar também o Instituto Evandro Chagas de Belém, tendo à frente o seu patrono. Nelas, cada uma a seu modo, fez-se uma pesquisa experimental, muitas vezes de fronteira, que nunca teve dificuldade em manter seus compromissos com o atendimento às necessidades de saúde da população. Que foi capaz de amalgamar as aquisições desta pesquisa com a observação clínica e com a intervenção populacional de saúde pública, bem como tratou de transferir muitas de suas descobertas para o terreno da produção industrial (como no caso dos soros e vacinas). E que, não deixou de formar recursos humanos qualificados e de disseminar seus achados através de revistas científicas de excelente nível, algumas existentes até hoje.

Naturalmente, nossa realidade atual é muito diferente da que existiu no tempo da fundação da pesquisa em saúde no Brasil. São novas instituições, a magnitude das tarefas e dos problemas é muito maior e os interesses nacionais e internacionais em jogo são gigantescos. No entanto, numa perspectiva heurística, a experiência histórica deve chamar nossa atenção para a possibilidade de uma redefinição dos padrões de pesquisa em saúde no país. Deve, além disso, sugerir uma direção para a mudança, na qual um olhar mais atento da comunidade científica e tecnológica às necessidades e às políticas de saúde não signifique um empobrecimento de sua capacidade de invenção ou uma perda de sua autonomia criativa.

### AS AÇÕES ATUAIS DE FOMENTO

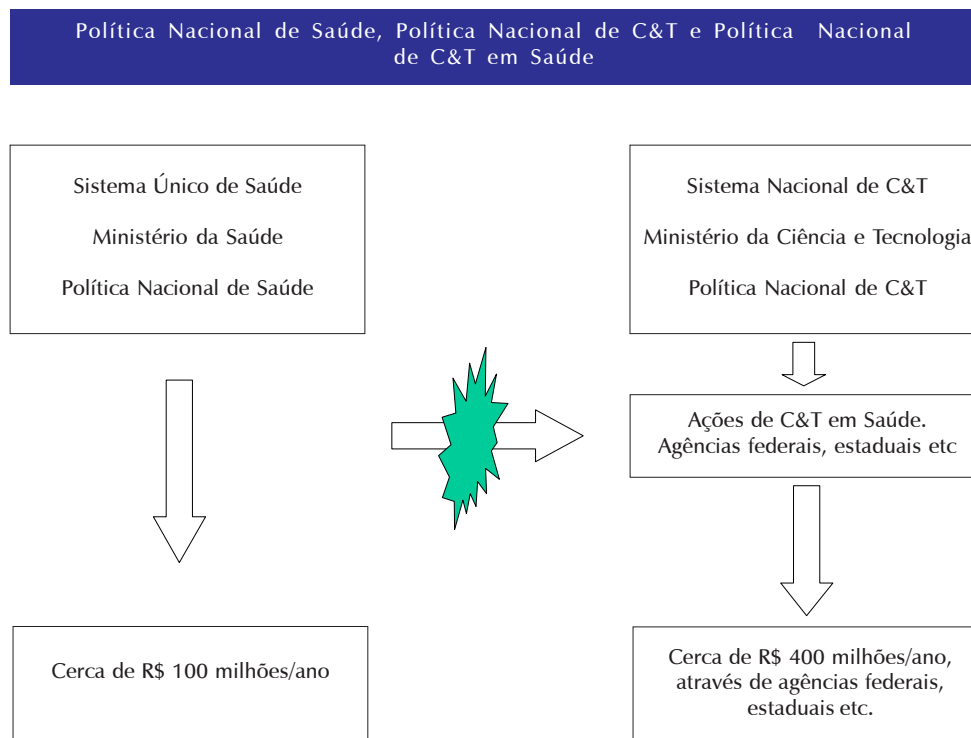
Uma análise das ações de fomento atuais no âmbito da pesquisa em saúde revela alguns aspectos importantes, a maior parte deles tributária da cinquentenária tradição brasileira de apoio à pesquisa científica e tecnológica.

- (1) A qualidade e a transparência nas ações de fomento, em particular as realizadas pelas agências do MCT, pela Capes, bem como pela maioria das agências estaduais. Essas características decorrem da experiência brasileira com práticas de fomento em bases relativamente competitivas.
- (2) A baixa capacidade de indução existente, especialmente nas mesmas agências do MCT, na Capes e em algumas agências estaduais.
- (3) Especificamente no campo da pesquisa em saúde, a existência de uma tradição importante em termos de institutos de pesquisa federais e estaduais.
- (4) Um modelo de fomento descentralizado e plural, que também deve ser creditado à tradição nacional de fomento e deve ser capitulado entre as suas qualidades. Historicamente, a pluralidade de agências tem sido um instrumento de proteção dos executores de pesquisa contra eventuais obscurecimentos no que se refere à qualidade e à transparência nas ações de fomento.
- (5) A ausência de mecanismos de coordenação adequados entre as múltiplas instâncias de fomento, em especial entre os dois atores principais, o MCT e o MS.
- (6) Uma baixa capacidade de articulação entre as ações de fomento científico-tecnológico e a política de saúde. Entre outras conseqüências, isto contribui para uma baixa capacidade de transferência de conhecimento novo para as indústrias, serviços de saúde e para a sociedade em geral.
- (7) Uma extensa e generalizada carência de atividades de pesquisa e desenvolvimento realizada nas empresas.
- (8) Uma quantidade de recursos para o fomento bastante aquém das necessidades.

Essas características indicam o ponto de partida para uma PNCT&I/S no que se refere à gestão das atividades de pesquisa. Por um lado, revelam a existência de um patrimônio institucional de execução e fomento muito importante. Por outro, apontam os principais empecilhos para um aproveitamento integral de suas capacidades, que são a falta de coordenação e a baixa capacidade de articulação apontadas acima.

Além do volume de recursos estar aquém das necessidades e, em grande parte, desvinculado de um critério racional de prioridades, a marca do modelo de gastos federais hoje em dia é a quase total desarticulação entre os financiadores principais. Com a exceção do CNPq e da Capes que costumam entender-se, pelo menos quanto à distribuição de bolsas de mestrado e doutorado, em nada mais percebe-se articulação. A falta de articulação entre o MCT e o MS sustenta-se historicamente no seguinte: o MCT percebe no MS uma visão restritiva e imediatista da atividade de pesquisa (nos nossos termos, pouco extensiva e abrangente), além de não avaliar, de modo geral, as práticas de fomento do MS. O MS percebe na maioria das ações de fomento do MCT um quase total alheamento das necessidades de saúde da população e/ou das prioridades da política de saúde do país (nos nossos termos, ações com pouco compromisso social e divorciadas da busca de equidade). O fato é que essa situação terminou por gerar um modelo de gestão política da pesquisa

em saúde com características bifrontes, onde o diálogo entre as suas duas cabeças não tem encontrado canais adequados para expressar-se. Naturalmente, para ser capaz de promover a articulação político-institucional proposta, uma nova PNCT&I/S deve superar essa mais que falsa disjuntiva e buscar somar os aspectos positivos das duas tradições institucionais.



Portanto, ultrapassadas as heranças da tradição, cuja superação depende quase totalmente de determinação política, a nova PNCT&I/S poderá então falar da necessidade de sustentar a pesquisa em saúde como um exercício de lógicas complementares. O mundo da pesquisa e o mundo do sistema de saúde não são integral ou perfeitamente superponíveis. Têm histórias, culturas e regras distintas, embora sejam capazes de conviver e convergir, nos marcos de objetivos corretamente estabelecidos. O sistema de saúde identificará os alvos e o sistema de pesquisa contribuirá para que sejam atendidos com efetividade. Em todos os ministérios envolvidos e também nos estados.

#### A AGENDA DE PRIORIDADES EM PESQUISA

A PNCT&I/S deveria adotar como diretriz a necessidade de aumentar a capacidade indutora do sistema de fomento científico e tecnológico. Se, como recomendou a Iª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde (1994), concordamos que a pesquisa em saúde deve aproximar-se da Política Nacional de Saúde, então devemos propor o aumento de sua capacidade de induzir, com base numa escolha racional de prioridades. Para isso, o ponto mais importante a ser contemplado é a necessidade de construção de uma agenda de prioridades para a pesquisa em saúde. Uma das principais características históricas de nosso sistema de fomento à pesquisa é sua baixa seletividade, significando uma insuficiente capacidade de indução. E para que esta política mais indutiva possa ocorrer num ambiente de maior racionalidade, na perspectiva do interesse do país, é necessária a organização das necessidades de pesquisa segundo um padrão de prioridades. Se, como acreditamos, a pesquisa em saúde deve ser entendida como um exercício de lógicas complementares, a agenda de prioridades de pesquisa em saúde não será perfeitamente sobreposta à agenda de necessidades de saúde da população. Por um lado, o atendimento às necessidades de saúde nem sempre é uma variável dependente da pesquisa em saúde e, por outro, nem sempre há, no campo do saber e das práticas científicas e tecnológicas, conceitos, metodologia ou ferramentas adequados para que se possa produzir soluções através da pesquisa.

A agenda de prioridades não deve, também, ser subordinada ao olhar de curto prazo. Saúde e pesquisa em saúde são, ambas, urgentes. No entanto o tempo, os métodos e as estratégias dessas urgências são diferentes. A idéia da extensividade – incorporação na política de todas as etapas da cadeia do conhecimento – deve expressar-se na agenda de prioridades. Nela estarão identificados os principais problemas de saúde cuja resolução depende da contribuição da pesquisa e estes problemas hão de requerer distintas abordagens de pesquisa. Haverá lugar para pesquisa operacional de curto prazo. Mas haverá também lugar para investigação fundamental bem como haverá lugar para a já mencionada pesquisa estratégica, que se desenvolve no ambiente da pesquisa fundamental, que lança mão de seu ferramental mas que, diferentemente dela, inclui desde a origem considerações de aplicação. E, por fim, o desenvolvimento de novos produtos e processos destinados ao sistema de saúde, realizado pelas empresas e pelos próprios serviços, também terá o seu lugar nessa agenda.

Numa palavra, esse deslocamento em direção à maior capacidade de indução deve preservar e aperfeiçoar todas as características competitivas do fomento à pesquisa desenvolvidos nos últimos 50 anos no Brasil. Assim, as ações de fomento orientadas pela agenda de prioridades proposta no âmbito da PNCT&I/S deveriam ter como forma canônica: (a) a relevância como destino; (b) o mérito como ponto de partida; e (c) a competição como norma operacional básica.

Do conhecimento internacional acumulado na elaboração de agendas de prioridades e com o objetivo de inscrever a necessidade da elaboração de uma como estratégia básica da PNCT&I/S, destacamos as seguintes características básicas: (1) há mais de uma agenda de prioridades possível dependendo da orientação da política de pesquisa em saúde e uma boa agenda de prioridades deve estar a serviço dos princípios e das diretrizes daquela política; (2) a elaboração da proposta da agenda deve ser baseada no estado da arte do conhecimento científico e tecnológico disponível. Sua base técnica deve incorporar as melhores ferramentas e as evidências mais atualizadas; (3) a construção da agenda e, principalmente, sua implementação é um processo de construção política. Pesquisa em saúde é um campo onde atuam muitos atores distintos com experiências e linguagens distintas. Também com interesses e visões distintos da pesquisa e da saúde. Agregá-los todos em torno ao conteúdo da agenda é a ação mais importante e esta ação objetiva, essencialmente, construir um consenso político em torno dela. O corolário desta proposição é que uma agenda de prioridades é uma ferramenta em permanente discussão e atualização.

### RECURSOS PARA A PESQUISA EM SAÚDE NO BRASIL

São muito precárias as estimativas sobre gastos com pesquisa em saúde no Brasil, havendo neste momento uma iniciativa internacional destinada a avaliar o fluxo de recursos com esta finalidade do qual o Brasil participa, sob a coordenação do MS. Conforme já foi mostrado, os números dos censos de 2000 e 2002 do Diretório dos Grupos de Pesquisa indicam que os números de grupos de pesquisa e de pesquisadores envolvidos com a pesquisa em saúde chegam a 30% do total. Tomando como referência o número de linhas de pesquisa, a porcentagem correspondente é 27%. Por outro lado, levantamento preliminar do fluxo de recursos públicos para a pesquisa em saúde em 2001 atinge o volume de R\$ 500 milhões, conforme os dados da Tabela 3.

TABELA 3

Desembolsos estimados em 2001 com atividades de pesquisa em saúde no setor público. Principais fontes

Fontes	Total (mil R\$)	Formação de pessoal (mil R\$)	Apoio à pesquisa (mil R\$)	Total (%)	Formação de pessoal (%)	Apoio à pesquisa (%)
Ministério da Saúde <sup>a</sup>	100.674,00	35.617,00	65.057,00	20,3	13,2	28,6
Ministério da Ciência e Tecnologia	156.917,00	92.037,00	64.880,00	31,7	34,2	28,6
Finep <sup>b</sup>	26.577,00		26.577,00	5,4		11,7
CNPq <sup>c</sup>	130.340,00	92.037,00	38.303,00	26,3	34,2	16,9
Ministério da Educação <sup>d</sup>	135.018,00	112.790,00	22.228,00	27,2	42,0	9,8
Estado de São Paulo (Fapesp) <sup>e</sup>	103.298,00	28.418,00	74.880,00	20,8	10,6	33,0
Total	405.907,00	266.862,00	227.045,00	100,0	100,0	100,0

<sup>a</sup>: Decit/SPS/MS - Investimentos em ações de C&T em saúde no Ministério da Saúde em 2001. Dezembro de 2002; <sup>b</sup>: Levantamento Ad Hoc realizado na carteira da Finep; <sup>c</sup>: AEI/DAD/CNPq - Investimentos do CNPq em Estados e Instituições em 2001; <sup>d</sup>: Capes/MEC - Relatório da Capes para a Transição. 2002; <sup>e</sup>: Revista Fapesp, n° 79, setembro de 2002, p.20-23.



Muito ou pouco dinheiro para o número de pesquisadores e de grupos envolvidos com pesquisa em saúde? Algum, mas certamente aquém das necessidades, principalmente se levarmos em conta o estado de crise em que se encontra a maioria dos hospitais universitários e de ensino, assunto que comentaremos mais adiante. Uma nova PNCT&I/S deverá ter, entre suas ênfases, a de buscar novas fontes de recursos para a pesquisa em saúde.

Pode-se dizer que a pesquisa agropecuária brasileira se situa entre as mais articuladas com as políticas públicas de desenvolvimento setorial. Embora detentora de uma histórica trajetória de sucessos, em particular no estado de São Paulo, foi após a criação da Embrapa, em 1973, que esta articulação adquiriu maiores velocidade e intensidade. Faço essa digressão com vistas a comparar o financiamento público atual neste setor com o financiamento à pesquisa em saúde, mostrado nas Tabelas 4 e 5.

TABELA 4

Estimativa de desembolsos em 2001 com atividades de pesquisa em saúde no setor público, Brasil, principais fontes

Fonte	Desembolsos (mil R\$)
Ministério da Saúde <sup>a</sup>	100.674,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	156.917,00
Finep <sup>b</sup>	26.577,00
CNPq <sup>c</sup>	130.340,00
Ministério da Educação <sup>d</sup>	135.018,00
Estado de SP (Fapesp) <sup>e</sup>	103.298,00
<b>Total</b>	<b>495.907,00</b>

*a*: Decit/SPS/MS - Investimentos em ações de C&T em saúde no Ministério da Saúde em 2001. Dezembro de 2002; *b*: Levantamento Ad Hoc realizado na carteira da Finep; *c*: AEI/DAD/CNPq - Investimentos do CNPq em Estados e Instituições em 2001; *d*: Capes/MEC - Relatório da Capes para a Transição. 2002; *e*: Revista Fapesp, nº 79, setembro de 2002.

TABELA 5

Estimativa de desembolsos em 2001 com atividades de pesquisa agropecuária no setor público, Brasil, principais fontes

Fonte	Desembolsos (mil R\$)
Ministério da Agricultura (Embrapa) <sup>a</sup>	121.408,00
Ministério da Ciência e Tecnologia	77.923,00
Finep <sup>b</sup>	10.000,00
CNPq <sup>c</sup>	67.923,00
Ministério da Educação <sup>c</sup>	63.700,00
Estado de SP (Fapesp) <sup>c</sup>	61.649,00
<b>Total</b>	<b>314.680,00</b>

*a*: Relatório de Atividades 2001. Orçamento executado nos programas de P&D; *b*: Execução do Fundo de Agronegócios (R\$ 8,1 milhões) arredondado a R\$ 10 milhões; *c*: Parcela do Orçamento executada nos programas da grande área de ciências agrárias (13% do total do orçamento do CNPq).

Muito embora em termos absolutos o montante investido em pesquisa em saúde seja quase 60% maior do que o investido em pesquisa agropecuária, se ponderarmos esses valores pela massa crítica envolvida em cada um dos dois setores, chegaremos a uma situação distinta, apresentada na Tabela 6.

O investimento anual per capita nos pesquisadores em saúde foi de R\$ 27.907,00, contra R\$ 38.217,00 destinados a cada pesquisador em agropecuária, deve ser lembrado que o ano de 2002 foi um ano particularmente infeliz no financiamento da Embrapa. Caso tivesse sido um ano “típico”, a diferença seria ainda maior. Para que o aporte de recursos financeiros aos pesquisadores do setor saúde pudesse igualar-se ao dos pesquisadores do setor agropecuário, o desembolso em saúde em 2001 deveria ter sido de R\$ 679 milhões (R\$ 27.907,00 x 17.770). Em relação ao que foi efetivamente desembolsado, ficam faltando R\$ 183 milhões.

TABELA 6

Número de linhas de pesquisa, pesquisadores e grupos associados aos setores “agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal” e “saúde humana”, Brasil 2002

Setor	Grupo	Linhas	Pesquisadores
Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal	2.641	7.133	8.234
Saúde humana	4.914	13.688	17.770

Pesquisador/ano em saúde humana: R\$ 27.907,0; Pesquisador/ano em agropecuária: R\$ 38.217,00

Pode ainda ser notado que a principal diferença no perfil do financiamento à pesquisa nos dois setores encontra-se exatamente na participação dos ministérios responsáveis pelos mesmos. Enquanto o MS participa com 20% do total de investimentos na pesquisa em saúde, o Ministério da Agricultura, através da Embrapa, comparece com quase o dobro (38,6%). Portanto, para gerir um montante de recursos adequado à importância da pesquisa em saúde no Brasil talvez seja necessário pensar uma estrutura vinculada ao MS especializada em captar, fomentar, acompanhar e avaliar a atividade de pesquisa.

Há poucos anos foi lançada a idéia da criação de uma agência de fomento específica para a gestão da pesquisa em saúde. Essa idéia foi vitimada por um intenso conflito político-burocrático entre o MCT e o MS e acabou por ser retirada de pauta pelo próprio MS, antes que pudesse ser melhor discutida. Consideramos que a proposta da agência deve voltar ao debate, posto que pode vir a tornar-se uma ferramenta essencial para a PNCT&I/S. Esta agência teria a missão de coordenar a construção da agenda de prioridades de pesquisa em saúde, bem como de acompanhar sua operacionalização. Além disso, deveria também coordenar, em estrita articulação com as agências do MCT e com a Capes, a aplicação dos recursos para pesquisa em saúde, em particular os oriundos do MS. Numa palavra, deveria ser a principal guardiã de uma PNCT&I/S renovada, como a que estamos propondo.

Em 2002, o Congresso Nacional aprovou a Lei do Fundo Verde-amarelo, que reserva uma parte de seus recursos para a constituição de um fundo específico para a saúde. As expectativas iniciais eram de que o valor do mesmo no ano de sua criação estaria em torno a R\$ 90 milhões. O valor comprometido em 2002 não chegou a 5% da expectativa e para 2003 o valor comprometido deverá valer menos da metade daquele originalmente estimado. Somado aos recursos já existentes, será um reforço, mas continuaremos aquém do necessário.

Mas talvez a maior renovação de fontes de recursos deva vir mesmo do MS. Como vimos acima, o MS desembolsa cerca de R\$ 100 milhões anuais com projetos fomentados por ele próprio e pelos institutos de pesquisa a eles vinculados. Ocorre que a seleção e contratação desses projetos não obedecem a qualquer agenda de prioridades do MS como um todo, mas sim às prioridades de vários de seus componentes, por vezes contraditórias entre si. A primeira mudança importante seria, portanto, unificar as prioridades do MS. Em segundo lugar, seria preciso estimular que as agências reguladoras subordinadas ao MS (Anvisa e ANS) venham participar das ações de fomento à pesquisa em saúde, aportando recursos financeiros. Em terceiro lugar, seria muito importante que a Secretaria de Assistência à Saúde, que é responsável pela execução do financiamento do Sistema Único de Saúde (SUS), pudesse aprofundar os esforços já em curso para que sua contribuição financeira à pesquisa nos hospitais de ensino fosse melhor utilizada (comentaremos este ponto adiante). E, finalmente, será indispensável recolocar na agenda a proposta nascida no próprio MS há dois anos, que foi retirada de pauta pelo mesmo MS e que trata da taxaço das indústrias do tabaco e do álcool, com vistas à criação de um outro fundo para financiar pesquisa em saúde. Pensamos que esta idéia deve retornar com uma ampliação conceitual, no sentido de fazer com que todos os setores industriais claramente produtores de “dívida sanitária” contribuam com um fundo para o fomento de pesquisa prioritária em saúde.

#### HOSPITAIS DE ENSINO E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

Nas últimas décadas, em escala mundial, tem sido observado um importante movimento da pesquisa em saúde em direção ao paciente hospitalar. Isso decorreu de vários fatores, entre os quais podem ser destacados: (1) a revolução na descoberta de moléculas bioativas e o conseqüente crescimento da necessidade de testá-las em populações humanas; (2) a igualmente importante revolução nos métodos diagnósticos, onde um dos espaços privilegiados de experimentação e desenvolvimento é também o hospital; (3) o envelheci-

mento populacional e o aumento correlato da incidência das enfermidades degenerativas, responsáveis pela internação de parte importante da população dos pacientes; (4) em consequência de tudo isso, o fortalecimento de medidas regulatórias destinadas a proteger os indivíduos que se submetem aos testes de novas drogas, métodos diagnósticos etc. Estes e outros fatores terminaram por dar à pesquisa clínica uma nova importância no cenário geral da pesquisa em saúde e vieram a fortalecer e consagrar o espaço hospitalar como um local privilegiado dessa pesquisa.

Na maioria dos países com atividade de pesquisa, os hospitais de ensino desenvolveram características de referência nessas atividades de pesquisa. A circunstância de estarem muitas vezes associados a universidades ou institutos de pesquisa e de abrigarem programas de graduação ou pós-graduação formadores de profissionais de saúde e de pesquisadores, fez com que neles os padrões de referência se instalassem com naturalidade. A tradição brasileira não é diferente. Historicamente, os hospitais de ensino brasileiros foram a vanguarda da pesquisa clínica e da avaliação de novos medicamentos e equipamentos, constituindo-se, assim, em instituições de referência.

O SUS abriga hoje em dia mais de 6.000 hospitais, dos quais 154 (2,6%) são reconhecidos pelos Ministérios da Saúde e da Educação como hospitais de ensino. Em 2001, estes foram responsáveis por 9% dos leitos, 12% das internações e 24% dos recursos do SUS. Responderam por cerca de 50% das cirurgias cardíacas, 70% dos transplantes e 50% das neurocirurgias ocorridas no país. Os hospitais de ensino constituem um conjunto institucional muito heterogêneo, incluindo hospitais públicos federais, estaduais, municipais, hospitais privados filantrópicos e entidades públicas de direito privado. Heterogêneo, também, em termos da qualidade dos serviços que prestam.

Nos últimos anos, por vários motivos, os hospitais de ensino brasileiros vêm passando por uma crise de graves proporções, onde um dos fulcros pode ser situado em dificuldades no seu financiamento. Em parte decorrentes da crise fiscal, em parte por opções de política macroeconômica e em parte pelo processo de desvalorização geral do serviço público verificado nos anos 90. Na realidade, crescentemente os hospitais de ensino vêm perdendo suas características históricas e talvez o componente que mais esteja sendo erodido na crise é o de uma de suas finalidades precípua: as atividades de pesquisa. Se este breve diagnóstico é verdadeiro, então o que ocorre no Brasil neste terreno é o oposto da tendência internacional e, prosseguindo os problemas, provavelmente não teremos condições de desenvolver um dos componentes mais importantes da PNCT&I/S. Em outras palavras, a pergunta a se fazer é: Será possível desenvolver a pesquisa clínica no Brasil, em níveis compatíveis com nossa tradição científica e na intensidade requerida pelos padrões internacionais sem que os hospitais de ensino ocupem um lugar central? A resposta é: Muito provavelmente não.

Dentre os problemas bem estabelecidos no terreno da pesquisa em saúde atual, está o da assimetria entre a velocidade dos avanços (e também o tamanho dos custos) da pesquisa em bancada e a velocidade de apropriação do conhecimento produzido em benefício da população. Neste último componente, a velocidade é bem mais baixa e os custos são muito maiores. Este processo de apropriação pode ser denominado genericamente de Avaliação Tecnológica, incluindo o desenvolvimento de produtos e processos e, com grande intensidade, a realização de testagem clínica de novos medicamentos, equipamentos, normas operacionais etc. O núcleo mais importante da atividade de pesquisa clínica nos hospitais de ensino vincula-se à avaliação tecnológica e é sobre ela que deveria recair a maioria dos esforços de uma política de recuperação da atividade de pesquisa nessas instituições.

Uma das expressões mais agudas da crise dos hospitais de ensino no Brasil é a decadência de sua infraestrutura. A deterioração da infra-estrutura repercute sobre a prestação de serviços, sobre o ensino e, para o que mais nos interessa aqui, sobre a viabilidade da realização de pesquisa. Além disso, contribui para retirar do ambiente dos hospitais de ensino os profissionais, docentes ou não, capazes de realizar pesquisa e reproduzir a força de trabalho em pesquisa. Um dos aspectos mais contundentes na crise geral dos hospitais de ensino é a diminuição da dedicação temporal dos melhores profissionais ao hospital.

O modelo de financiamento atual do SUS para os hospitais de ensino agrega à remuneração-padrão pela prestação de serviços, um complemento denominado Fundo de Incentivo ao Desenvolvimento de Ensino e Pesquisa em Saúde (Fideps). Ele é fornecido como um complemento àquela remuneração e com a crise do financiamento, os recursos do Fideps foram sendo crescentemente destinados ao custeio indiferenciado das atividades hospitalares, afastando-se de seus objetivos. Não será realista propor, hoje ou nos próximos anos, um retorno integral do Fideps à sua destinação original, pelo menos até que se recomponha a capacidade dos hospitais de reequilibrar suas contas na prestação de serviços.

Portanto, para a recuperação da infra-estrutura de pesquisa dos hospitais de ensino (mas também para apoiar o custeio das atividades de pesquisa neles realizadas), será necessário propor outro complemento específico, também no âmbito da política de financiamento do SUS, governado por um modelo de gestão que



impeça o desvio de suas funções originais, conforme ocorreu com o Fideps. Para isso, este novo recurso deveria incorporar em sua gestão os padrões gerais de financiamento existentes nas agências de fomento à C&T, quais sejam: (1) solicitação de recursos mediante projetos detalhados; (2) disputa por recursos mediante processos competitivos; (3) acompanhamento e avaliação de resultados dos projetos financiados.

O Fundo de Infra-estrutura, gerido pelo MCT e operado pela Finep, destina-se ao fortalecimento da infra-estrutura de pesquisa em geral nas instituições públicas do país. Sua receita é composta por 20% do montante global do conjunto dos Fundos Setoriais. Começou a operar efetivamente em 2001 e em três editais lançados (até julho de 2002) aprovou projetos no valor de cerca de R\$ 260 milhões. Como parte do esforço de recompor a infra-estrutura de pesquisa dos hospitais de ensino, poderá ser negociado o lançamento de um edital anual ou bienal específico para esta finalidade, durante um certo número de anos. Amadurece, hoje em dia, a convicção de que os 20% dos recursos dos Fundos Setoriais destinados ao Fundo de Infra-estrutura são insuficientes para as finalidades deste último. A proposta da existência de editais específicos para a infra-estrutura de pesquisa em hospitais universitários está vinculada ao aumento daquele percentual.

O valor anual do Fideps repassado aos hospitais de ensino é de R\$ 480 milhões. O valor do CT-Infra com um percentual, por exemplo, de 40% do montante dos fundos pode ser estimado em cerca de R\$ 350 milhões/ano. Estimando-se um valor anual de R\$ 50 milhões/ano para os editais do novo incentivo do SUS/Fideps e R\$ 30 milhões/ano para os editais do CT-Infra, teríamos um aporte de R\$ 130 milhões/ano para a recuperação da infra-estrutura dos hospitais de ensino e para apoio de parte das atividades de custeio diretamente associadas à pesquisa, integralmente submetidos às boas práticas de avaliação de projetos. Esses montantes representariam menos de 10% do comprometimento anual do CT-Infra e pouco mais de 10% do valor atual do Fideps.

#### **O COMPLEXO INDUSTRIAL DA SAÚDE**

Por fim, é preciso mencionar que uma PNCT&I/S num país como o Brasil deverá dar uma atenção especial ao desenvolvimento tecnológico e à inovação e, para tanto, deverá incorporar propostas e ações especificamente dirigidas ao Complexo Industrial da Saúde. Essa atenção decorre do fato de possuímos uma estrutura industrial complexa e, em alguns setores, competitiva e, como já vimos, uma importante capacidade instalada de pesquisa acadêmica e em alguns institutos de pesquisa. Decorre também do fato do país ter grande necessidade de utilização dos principais insumos industriais destinados à saúde – medicamentos, vacinas, soros, hemoderivados, kits diagnósticos e equipamentos – e de que um atendimento adequado dessas necessidades exige um máximo de capacitação tecnológica e, em vários aspectos, autonomia e auto-suficiência tecnológicas.

Cada um desses insumos à saúde apresenta características industriais e mercadológicas particulares, muito embora todos eles tenham, em comum, o fato de serem segmentos industriais de grande dinamismo e lucratividade em termos mundiais. Além disso, no que se refere aos medicamentos e às vacinas pode-se testemunhar uma verdadeira revolução tecnológica nas últimas décadas. No plano da estrutura industrial, essa revolução vem promovendo um movimento de concentração de capital e de tecnologia que resulta em imensos conglomerados multinacionais que competem/repartem o mercado mundial de medicamentos e também de vacinas. Este é o terreno sobre o qual teremos que construir nossa política tecnológica e de inovação em saúde e que, por si só, sugere o tamanho das dificuldades a serem enfrentadas.

Sem dúvida, o campo mais desafiador e difícil é o dos medicamentos e fármacos, onde o processo de concentração e repartição do mercado mundial vai mais avançado e que, em conseqüência da equivocada abertura comercial indiscriminada observada no Brasil durante a década de 90, nos fez recuar em relação ao que já havíamos conquistado em períodos anteriores. Nosso recuo nos fez perder terreno não apenas para os países líderes, mas também para outros países em desenvolvimento como a Índia e a China. A retomada de uma posição competitiva em relação a estes últimos países é uma tarefa básica da política tecnológica em saúde. O fortalecimento da empresa privada nacional e sua capacitação tecnológica é a rota mais importante para realizá-la. O grau de internacionalização do mercado de fármacos sugere que associações com empresas multinacionais onde estejam incluídos mecanismos de transferência tecnológica também sejam cogitados. Também, não deve deixar de ser mencionada a necessidade de ampliar, capacitar tecnologicamente e melhorar os modelos de gestão das poucas, muito embora importantes, instituições públicas produtoras de medicamentos.

Diferentemente do que se observa para os medicamentos, a produção de vacinas e soros é predominantemente pública, havendo, portanto, melhores condições para a construção de uma política tecnológica

focada nas necessidades nacionais. Nesse terreno, talvez o desafio mais importante seja o de não deixar aumentar excessivamente a distância entre o Brasil e o conjunto de países produtores no que se refere à tecnologia de novas gerações de vacinas. Com ainda maior razão do que no caso dos medicamentos, as ações voltadas ao fortalecimento, capacitação tecnológica e melhoria da gestão dos produtores públicos é uma tarefa essencial.

Hemoderivados, kits e equipamentos possuem, cada um, suas especificidades de mercado e essas devem ser estabelecidas, examinadas e detalhadas de per si. O importante é que a construção do componente tecnológico da política de pesquisa em saúde seja realizada com base em evidências concretas da situação de mercado, das possibilidades tecnológicas autóctones e, principalmente, das necessidades nacionais. Para tanto, é de especial importância a realização de estudos prospectivos que orientem informadamente a construção da política, com a mobilização dos principais atores e tomadores de decisão públicos e privados envolvidos.

Uma das principais características de uma política de tecnologia e inovação em saúde é a sua flexibilidade. A definição dos alvos prioritários, os arranjos institucionais mais adequados para cada objetivo e os mecanismos de fomento a serem acionados devem obedecer à avaliação de cada situação específica. A definição dos alvos prioritários deve ser produto dos mencionados estudos de prospecção e deverão compor a agenda de prioridades de pesquisa em saúde. Os arranjos institucionais deverão, sempre que possível, privilegiar as empresas públicas e privadas, agentes decisivos no desenvolvimento tecnológico e, principalmente, na inovação. Quanto aos mecanismos de fomento, o leque deve ser aberto desde o apoio financeiro direto ao desenvolvimento de projetos nas empresas, passando pelo financiamento de arranjos onde se componham instituições de pesquisa e empresas até a encomenda de projetos específicos a institutos de pesquisa e universidades. Por outro lado, como instrumento de fomento, além do financiamento direto deve ser utilizada, no limite do possível a capacidade de regulação do mercado por parte do MS, através de suas compras de medicamentos, vacinas e outros insumos.



*Reinaldo Guimarães*

#### **PERFIL PROFISSIONAL**

Professor aposentado do Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Graduou-se em Medicina em 1971 na Universidade Federal do Rio de Janeiro e é MSc. em Medicina Social (1978).

Entre 1972 e 1984 foi professor e pesquisador na Área de Saúde Coletiva. Desde 1985 trabalha no campo do Planejamento, Gestão e Políticas de Ciência e Tecnologia.

Entre 1985 e 1988 foi Diretor da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Presidente do Conselho Superior da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (2002-2004).

Pesquisador Visitante e Consultor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como coordenador do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (1992-2003).

Conselheiro da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (2001-2004).

Membro do Conselho Diretor da Revista Ciência Hoje, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (1998-2003).

Editor Associado da revista Ciência e Saúde Coletiva, editada pela Associação Brasileira de Pesquisa em Saúde Coletiva (Abrasco).

Membro do Conselho Editorial da revista *Health Research Policy and Systems*, publicada pela Organização Mundial de Saúde.

Foi membro do Conselho Superior da Capes do Ministério da Educação como representante da comunidade científica (1996-1999).

Foi membro do Conselho Deliberativo do CNPq (1985-1988).

Diretor do Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde desde abril de 2003.



## Reestruturação da Política de Ciência e Tecnologia e Mecanismos de Financiamento à Inovação Tecnológica no Brasil

Sergio Salles-Filho, Solange Corder

Departamento de Política Científica e Tecnológica, Unicamp, Caixa Postal 6152,  
13083-970 Campinas, SP, Brasil

E-mail: sallesfi@ige.unicamp.br; sallesfi@uol.com.br

*O artigo trata dos novos mecanismos de financiamento destinados à inovação, no contexto do quadro institucional criado nos últimos anos no Brasil, visando superar a tradicional ausência de inovação tecnológica endógena e incrementar o investimento em capacitação e em inovação no país.*

*Os mecanismos tradicionais de financiamento, a despeito da disponibilidade de recursos financeiros, não são suficientes para estimular investimentos em empreendimentos inovadores, em geral de alto risco e de longa maturação, principalmente aqueles em que a inovação se confunde com a própria constituição da empresa. Esta importante questão não vem recebendo a devida atenção dos economistas e da literatura que trata da pesquisa e desenvolvimento e inovação.*

*O Ministério de Ciência e Tecnologia e as principais agências públicas de fomento do país criaram instrumentos financeiros, com destaque para os fundos setoriais e para o capital de risco, para viabilizar os referidos investimentos e facilitar o relacionamento entre geradores de conhecimento e empreendedores. Essa iniciativa foi possível devido à reforma institucional e no marco regulatório promovida nos últimos quatro anos.*

*A nova estrutura de Ciência e Tecnologia, embora ainda incompleta, representa um importante passo para colocar o país na trilha da inovação tecnológica. Enorme esforço foi feito para que se chegasse a ela e sua continuidade e ampliação são fundamentais para que haja uma mudança de cultura e se lance mão de um modelo de desenvolvimento construído em novas bases.*

O presente artigo trata dos mecanismos de financiamento destinados à inovação tecnológica no contexto do quadro institucional brasileiro recentemente reformulado. O objetivo é analisar as novas fontes de financiamento destinadas ao investimento em capacitação tecnológica e em inovação no país visando converter o modelo de desenvolvimento baseado na tradicional ausência de inovação tecnológica endógena<sup>1</sup>.

Por inovação, de maneira geral, entendem-se todos os tipos de novos desenvolvimentos (Heertje 1988) e o conceito de inovação, num sentido mais estrito, compreende a introdução na atividade produtiva de produtos ou processos tecnologicamente novos e melhorias significativas naqueles existentes. Quando chega ao mercado, a inovação tecnológica de produto ou processo está efetivamente implementada (Oslo Manual 1997).

O percurso para se chegar a uma inovação e seus resultados nem sempre são previsíveis. Fomentar e financiar esse processo é um desafio que as instâncias financeiras – mercado financeiro e de capitais – e de fomento não podem enfrentar com os instrumentos clássicos. Ações governamentais são indispensáveis para constituir instrumentos alternativos de financiamento a investimentos em inovação e para incentivar os mercados de risco.

Esta é uma questão que não vem recebendo a devida atenção dos economistas, que têm procurado concentrar seus esforços de análise na interação entre factibilidade técnica e demanda econômica como principal indutor do processo de inovação, negligenciando o insumo financeiro (Prakke 1988). A literatura

<sup>1</sup> Aquilo que Fajnzilber (1983) chamava de um núcleo endógeno de desenvolvimento tecnológico.

que trata da pesquisa e desenvolvimento e inovação, por sua vez, tem tendido a tomar a disponibilidade de capital para investimento, público e privado, como algo dado, mas a prática mostra que as condições institucionais para investimento de capital num horizonte mais longo não existem automaticamente e de maneira nenhuma sua aplicação pode ser dada como garantida<sup>2</sup>.

As Políticas de Ciência e Tecnologia (C&T) têm muito a contribuir nesse sentido, já que a geração de conhecimento é vital para a inovação e, ao contrário do que se imaginou no passado, a produção de conhecimento e de inovações são parte de um mesmo processo que não é linear. Ações visando reforçar a aproximação das organizações responsáveis por cada parte deste processo são absolutamente desejáveis. A inviabilização do uso de medidas tradicionais de Política Industrial, em função da nova regulamentação do comércio internacional, traz a emergência de uma maior interação entre esta e a Política de C&T na promoção do desenvolvimento.

No Brasil, mudanças foram realizadas nesta direção. O quadro institucional de apoio à Política de C&T foi atualizado em seus aspectos fundamentais e o foco foi a incorporação da dimensão inovação. Daí a proposta de uma Política mais ampla, de C,T&I. Embora ainda exista muito o que fazer, esse foi um importante passo para colocar o país na trilha da inovação tecnológica. É importante ressaltar que houve intensa participação de diversos segmentos da sociedade – congressistas, empresários, acadêmicos, terceiro setor e todas as instâncias de governo – no debate que orientou as reformas propostas e implementadas.

Procurando apresentar a nova Política de C,T&I e os mecanismos de financiamento recentemente estabelecidos para estimular o investimento em inovação, o artigo divide-se em quatro seções. Na primeira, procura-se discutir alguns pontos referentes à globalização e seus efeitos. Na segunda seção é tratada a problemática da regulamentação do comércio internacional e os limites da política industrial. Na terceira, são apresentadas as principais alterações institucionais e no marco regulatório de apoio à nova Política brasileira de C,T&I, ocorridas no período 1999-2002. Na quarta seção, que antecede as conclusões, são apresentados os novos mecanismos de financiamento à inovação e os avanços ocorridos no país no referido período.

#### A GLOBALIZAÇÃO E SEUS EFEITOS

As transformações do cenário econômico, principalmente com o advento da globalização, ampliaram significativamente a participação da C,T&I nas sociedades capitalistas modernas. A competitividade baseada em fatores espúrios, como mão-de-obra barata, embora continue relevante para alguns setores, já não é suficiente quando se trata de pensar os segmentos produtivos mais dinâmicos. Grande parte dos produtos sujeitos à concorrência internacional são elaborados com base na mais alta tecnologia e isso significa que manter a competitividade das organizações nesses produtos implica investir em inovações tecnológicas e também em conhecimento<sup>3</sup>.

A liberalização ampla do comércio internacional facilitou as operações dos grupos industriais multinacionalizados aumentando os fluxos de intercâmbio intracorporativos<sup>4</sup> e os de suprimentos de produtos semi-elaborados e acabados produzidos por empresas terceirizadas em âmbito internacional (STI Revue 1993 *apud* Chesnais 1996). Este sistema de intercâmbio, no entanto, deixou à margem os produtores de produtos básicos, caso de grande parte dos países em desenvolvimento, já prejudicados pelo forte recuo dos investimentos diretos externos e das transferências de tecnologias, nos anos 80 (Chesnais 1996).

Houve deslocamento de parte da produção para locais onde são baixos os custos salariais, comandado pelos grandes grupos industriais e comerciais, intensificando-lhes os fluxos de comércio, mas o resultado foi

<sup>2</sup> É o que se pode conferir em Dertoutzos et al. (1989) e em Porter (1992) *apud* Chesnais e Sauviat (2000).

<sup>3</sup> Ativos intangíveis como o conhecimento são cada vez mais importantes na produção de bens. É o caso da agricultura tropical brasileira, mais especificamente da soja, cuja competitividade é o resultado de décadas de pesquisa realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) que viabilizou a introdução da soja no cerrado brasileiro, sobrevivendo à maior insolação; o desenvolvimento de novos cultivares; os processos de fixação de nutrientes e o plantio direto (Pacheco 2002).

<sup>4</sup> Esta atividade representava 40% do comércio dos Estados Unidos e do Japão, em 1995 (Chesnais 1996).

<sup>5</sup> A crescente mobilidade de fatores produtivos não significa que eles estejam se espalhando equitativamente entre os países cuja produção é feita com baixos custos. Ao contrário, a tendência é um aumento de sua concentração (Lall 2002).



o aumento da concorrência da oferta de trabalho entre esses diferentes países<sup>5</sup>. Assim, o mercado de trabalho, antes integrado aos demais mercados – das mercadorias e do capital e tecnologia –, com a globalização (mundialização) vem sendo deles desincorporado, permitindo “que as companhias explorem a seu bel prazer as diferenças de remuneração do trabalho, entre as diversas regiões (...), entre diferentes países (...), entre continentes” (Chesnais 1996: 40).

Os benefícios econômicos e sociais às nações não foram concretizados com a globalização, a despeito das repetidas promessas de redução dos índices de pobreza feitas no decorrer da última década do século XX. Aumentou muito o número de pessoas que vivem na miséria, enquanto a renda total do mundo elevou-se, em média, 2,5% ao ano (Stiglitz 2002: 32). A globalização financeira também não foi capaz de promover a estabilidade econômica, ao contrário, aumentou a vulnerabilidade dos países. Se os ganhos são concentrados, os prejuízos são socializados. As crises da Ásia e da América Latina, por exemplo, tiveram impactos extraterritoriais representando uma ameaça às economias e à estabilidade dos países em desenvolvimento.

Apesar dos resultados desiguais e frustrantes, Lall acredita que a globalização tem sido o caminho para a crescente integração das economias. “O rápido ritmo da inovação – e a resultante promessa de imenso aumento da produtividade – faz com que seja mais custoso isolar as economias do comércio e do investimento internacionais. Uma vez que as novas tecnologias beneficiam todas as atividades, comercializáveis e não comercializáveis, o rápido acesso a tais tecnologias na forma de novos produtos, equipamentos e conhecimento torna-se vital para o bem estar nacional. O isolamento dos mercados globais e das tecnologias não é mais uma opção viável para qualquer país em desenvolvimento” (Lall 2002: 2).

Segundo o autor, as cadeias globais de valor estão se tornando cada vez mais integradas e coordenadas de forma estrita, sob o domínio das referidas corporações multinacionais. Atuar nessas atividades tecnologicamente sofisticadas requer que se esteja, de alguma maneira, conectado a estas cadeias. Para ele, é a forma pela qual as regiões estão conectadas aos sistemas globais e desenvolvendo suas capacidades tecnológicas específicas que explica seus diferentes graus de sucesso no ambiente globalizado e não os níveis de abertura comercial, o investimento ou os fluxos de tecnologia dessas economias (Lall 2002).

O que parece indiscutível é que o diferente desempenho dos países em termos de crescimento revela como o desenvolvimento é dependente da trajetória (*path dependence*). Uma vez atrativo, um local tende a se tornar cada vez mais foco de atenção devido à presença de forças cumulativas como capacidade/competência (fator dependente da trajetória), desenvolvimento institucional e de infra-estrutura, economias de escala e de aglomeração e redes de externalidades (Lall 2002)<sup>6</sup>, mas também existem possibilidades do fenômeno de *lock in*.

#### COMÉRCIO INTERNACIONAL: REGULAMENTAÇÃO E LIMITES DA POLÍTICA

Países que nunca estiveram presos a qualquer tipo de interdependência industrial e comercial estão sendo obrigados a praticar políticas de competitividade internacional e de atratividade para as multinacionais estrangeiras. Segundo Chesnais (1996), analisando os países da OCDE, há pressa em acelerar a chegada dessas empresas para compensar a deslocalização acelerada de suas próprias empresas industriais.

A necessidade de manter o equilíbrio das contas externas<sup>7</sup> é um dos motivos que tornam urgente a sustentabilidade e a ampliação do parque produtivo de um país, principalmente nos segmentos mais dinâmicos. Se, por um lado, as políticas se fazem imprescindíveis, por outro seu espaço de ação se estreitou muito com a nova regulamentação imposta pela Organização Mundial do Comércio (OMC). O uso de instrumentos de política industrial como subsídios financeiros, proteção alfandegária e impostos foi limitado ao mesmo tempo em que o ambiente concorrencial tornou-se mais agressivo.

A porta da política tecnológica tornou-se a passagem para que os governos assumam um papel estratégico novo e diferenciado. Não é preciso mais seguir padrões industriais, mas sobretudo criar e desenvolver competências específicas que criem e ocupem novos mercados e que atraiam investimentos.

<sup>6</sup> O capital prévio é necessário para produzir novo capital, o conhecimento prévio é necessário para absorver novo conhecimento; qualificações devem ser fundamentais para adquirir novas qualificações e um certo nível de desenvolvimento é preciso para criar economias de aglomeração que fazem o próprio desenvolvimento possível. (Freeman e Soete 1997).

<sup>7</sup> A balança comercial é um dos indicadores fundamentais utilizados pelos mercados financeiros para definir investimentos.

É no eixo tecnologia e política setorial que as políticas de C, T&I e industrial encontram espaço para atuar e interagir. Conforme destaca Além (2000), os países da OCDE têm optado por políticas de competitividade de caráter seletivo, incentivando investimentos em setores intensivos em tecnologia e em infra-estrutura visando ao crescimento de longo prazo. As pequenas e médias empresas e a organização de clusters industriais têm sido enfatizadas e, contribuindo nessa direção, as ações de política industrial têm se dado de forma ampla, com a função de articular e envolver empresas de diferentes setores e atividades com as tecnologias de informação e comunicações exercendo, assim, um papel central neste processo.

Segundo a autora, no âmbito da União Européia, “apesar do discurso de privilegiar políticas de cunho horizontal, as políticas setoriais e regionais têm aumentado de importância ao longo do tempo” (Além 2000: 216).

Castro (2002), também destaca a importância de uma política industrial ativa para alcançar metas de competitividade. De acordo com o autor, os países da Ásia Oriental, mais especificamente Coreia, Cingapura e China não conseguiram o “emparelhamento” (*catch up*) frente aos países desenvolvidos lançando mão de política industrial para corrigir falhas de mercado. Para ele, o salto dado por estas economias, assim como aconteceu com a Europa, no pós-Segunda Guerra, e com os Estados Unidos, nos anos 80, visando enfrentar a competição japonesa, deveu-se à adoção de variantes fortes ou fracas da família de políticas industriais “de resultados”, que são essencialmente divergentes da política de correção de falhas.

As soluções “superiores”, como ele mesmo as denomina, não podem ser adotadas nas economias e regiões atrasadas, isto é, são muito pequenas as chances de haver êxito no amplo transplante de conhecimento das economias mais avançadas para as atrasadas. Mesmo que isto ocorra, restrições ou impedimentos ocorrerão no momento da difusão desses tipos de soluções.

“A razão fundamental para que diversas soluções superiores não se difundam nos países atrasados é que elas requerem, especialmente nestes contextos, muito mais do que o automatismo do mercado. Refiro-me, sobretudo, a decisões que supõem grandes e poderosos atores, que exigem uma base diversificada e robusta de serviços (precária ou inexistente nas nossas economias), além do compartilhamento de conhecimentos que foram sendo criados com o avanço das novas soluções” (Castro 2002: 258-259).

O autor entende que a tomada de decisões a acontecer de maneira simultânea, em terrenos bastante distintos, demanda algum tipo de coordenação extramercado dado que se trata de uma coordenação antecipada envolvendo os atores ou prováveis atores de mudanças cujos resultados (sucesso) só serão conhecidos no futuro. O tipo de coordenação que ocorre no mercado, segundo ele, é *ex-post* e se verifica conforme as empresas e as pessoas vão respondendo aos preços. Assim, ela ocorre por meio de prêmio e punição. “O mercado, por si, não é em suma capaz de alavancar mudanças que requerem capacidade de combinar, previamente, decisões mutuamente dependentes” (Castro 2002: 260).

Isso explica por que muitas economias que seguiram à risca as imposições das agências financeiras internacionais, como o Fundo Monetário Internacional (FMI) deram-se muito mal econômica e socialmente. Conforme destaca Stiglitz (2002), é patente a diferença entre a Rússia, a Polônia e a China, que optaram por estratégias distintas para orientar seu processo de transição. A primeira adotou a linha do Consenso de Washington, defensora da imediata liberalização e privatização, ou como chama o autor, “da terapia de choque”, e as duas últimas optaram por uma mudança lenta e gradual. É evidente que os resultados foram muito mais bem sucedidos nas últimas<sup>8</sup>.

Criticando a política de correção de falhas de mercado por se constituir num instrumento passivo, Suzigan e Villela (1997: 7) argumentam que a política industrial deve ser um instrumento vivo e ativo que “dirige a competitividade sistêmica pela criação de um ambiente competitivo, coordenando as políticas governamentais e as estratégias das firmas, promovendo as capacidades produtivas e tecnológicas e estimulando a cooperação e as alianças estratégicas”.

O debate sobre o alcance da política industrial é ainda mais aquecido quando se considera o esforço que vem sendo feito no sentido de ampliar o escopo da regulamentação estabelecida pela OMC. Para evitar que

<sup>8</sup> A China cresceu, na década de 90, cerca de 10% aa, a maior taxa de crescimento de qualquer grande economia do mundo nos últimos 20 anos. Devido a esse crescimento, a redução da pobreza na China foi a maior da história – baixou de 358 milhões em 1990 para 208 milhões em 1997. A Rússia, por outro lado, sofreu forte declínio em seu crescimento econômico. A queda deu-se numa taxa média anual de 5,6% provocando um rápido aumento dos níveis de pobreza, talvez o mais rápido da história em um período tão curto de tempo, excetuando as épocas de guerra e de fome (Stiglitz 2002: 226).



essa ampliação implique maior agravamento da situação das economias menos desenvolvidas (ou em desenvolvimento), como é o caso do Brasil, no que diz respeito à já restrita participação no comércio internacional, faz-se necessário um ajustamento das ações governamentais desses países, não só no âmbito da política econômica, mas também na política de C&T.

#### A POLÍTICA RECENTE DE CT&I NO BRASIL

De acordo com Albuquerque e Sicsú (2002), o Brasil dedica 0,8% do seu PIB às atividades de P&D enquanto a média de gasto dos países do G7 é de 2,4%. Outros indicadores, como os preparados pelo MCT apontam para um percentual maior, na faixa de 1,2%. No caso brasileiro, as atividades de P&D são realizadas principalmente pelo setor público, cuja participação chega a quase 70% contra 45% nos Estados Unidos e 20% no Japão. O número de patentes registradas por indivíduos é maior do que o registrado por instituições e nota-se que existe grande descontinuidade das atividades de patenteamento. Já o licenciamento é extremamente baixo frente à proteção da propriedade.

Envolvida com uma proposta de alterar esse cenário, em favor de uma postura tecnológica mais agressiva por parte das empresas, a política de C&T do período 1999-2002 centrou suas ações na atualização do ambiente institucional e do marco regulatório – daí ser mais adequado, a partir de então, chamá-la de Política de CT&I –, visando criar condições para o setor produtivo-empresarial realizar projetos tecnológicos mais ambiciosos tendo como ponto de partida uma melhor utilização dos conhecimentos gerados nas instituições de pesquisa.

A proposta de reforma do Sistema de CT&I pautou-se na incorporação da dimensão inovação que, por conta do modelo industrial adotado no país, esteve praticamente ausente, exceto pela interação entre instituições de pesquisa e empresas estatais. Na esfera institucional, foi proposto um conjunto bastante amplo de mudanças envolvendo alterações nas formas de gestão, nos arranjos, modelos e nos tipos de interações dos diferentes órgãos públicos<sup>9</sup>. Realizaram-se conferências regionais por todo o país, além de uma conferência nacional sobre o tema. A produção do Livro Verde sobre a Política Nacional de C,T&I<sup>10</sup> e a realização da Conferência Nacional de C,T&I<sup>11</sup> marcam este processo. Componentes importantes da referida proposta foram concretizados, porém outros receberam encaminhamento, mas não puderam ser finalizados, como é o caso, por exemplo, da Lei de Inovação, cujo projeto não pôde ser aprovado em tempo no Congresso Nacional e agora encontra-se ameaçado de arquivamento<sup>12</sup>.

Ademais, as agências do MCT – a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – trabalharam conjuntamente criando inovações institucionais que levaram à contratação de centenas de projetos cooperativos unindo empresas e universidades. Redes de promoção do conhecimento foram implementadas e houve uma forte ação regional, descentralizando ou dando início à descentralização das competências no país. Criou-se o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para produzir subsídios à política de C,T&I e ampliar a capacitação no país em estudos prospectivos e de avaliação de impactos.

Do ponto de vista dos mecanismos de financiamento à inovação, a novidade foram os Fundos Setoriais. Idealizados desde 1998, na esfera do MCT, os Fundos surgiram como uma tentativa de superar o quadro de instabilidade orçamentária dos recursos financeiros, incompatível com políticas de longo prazo voltadas para a inovação<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> A comunidade científica, o empresariado e agentes governamentais puderam participar dos esforços para a proposta de construção da Política Nacional para o setor. Houve consenso em torno das questões prioritárias, o que não significa que tenham sido superados os conflitos. A preocupação permanente foi a de evitar o corporativismo acadêmico em favor de uma política mais abrangente.

<sup>10</sup> Segundo o então secretário executivo do MCT, o Livro Verde é “o mais exaustivo e completo documento governamental sobre o setor já produzido no país”.

<sup>11</sup> Ocorrida em setembro de 2001, contando com mais de 1.200 representantes da sociedade civil e de áreas do governo.

<sup>12</sup> A proposta da Lei de Inovação procurou seguir as tendências internacionais que indicavam maior flexibilidade das normas do setor público nas questões relacionadas à inovação tecnológica, fortalecimento das ações e relações inter-empresariais e adequação do quadro macro institucional.

<sup>13</sup> Os desafios colocados na época eram: como viabilizar um meio de captar recursos junto à atividade produtiva-empresarial e definir uma forma de operação transparente para utilizá-los.

Os recursos destinados aos fundos são originários da própria atividade econômica, através de contribuições incidentes sobre o faturamento de empresas e/ou sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União. Essas contribuições já ocorriam antes da criação dos fundos, de maneira que não houve nenhum ônus adicional para as empresas nem para o orçamento fiscal do Estado (CT Brasil/MCT 2001).

Quanto à gestão, optou-se pela forma compartilhada em que cada fundo tem seu comitê gestor no qual participam governo, academia e setor produtivo e definem prioridades. É uma prática que permite explicitar os conflitos o que, de certa maneira, contribui para consolidar o tema C,T&I na agenda política nacional, pois há envolvimento efetivo dos atores públicos e privados.

No ano de 2002, o governo concluiu a fase de implementação dos Fundos Setoriais. Há hoje 14 em operação, sendo 12 deles estritamente setoriais e 2 de caráter horizontal (Fundo de Infra-estrutura e Fundo de Interação Universidade-Empresa) que, gerenciados pela Finep, incorporam-se ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)<sup>14</sup>.

Os fundos combinam vários instrumentos financeiros (crédito com juros equalizados aos níveis internacionais, subvenção, risco e garantia de liquidez) para criar escala e dar maior efetividade na função de fomento<sup>15</sup>.

Outra novidade no país foi o apoio institucional dado pela Finep, através do Projeto Inovar, visando constituir e consolidar o mercado de capital de risco no Brasil<sup>16</sup>. No âmbito privado, a participação no mercado de risco ainda é bastante tímida, mas já se tem iniciativas importantes vindas de bancos e de empresas privadas.

Na esfera estadual, o desempenho da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) visando à inovação tecnológica também merece destaque. Exemplo são os programas como o “Parceria para Inovação Tecnológica” (Pite) – com dois subprogramas, o Parceira para Inovação em Ciência e Tecnologia Aeroespacial (Picta) e o CoSiTec, para apoio à formação de consórcios empresariais em parceria com instituições acadêmicas – e o “Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas” (Pipe), o primeiro a apoiar atividades de P&D em empresas, com recursos não reembolsáveis dados ao pesquisador na empresa<sup>17</sup>.

De maneira sintética, essas são algumas das ações realizadas no período 1999-2002 que procuraram reforçar o Sistema de Inovação brasileiro. Do ponto de vista do financiamento, maior detalhamento é feito no item que se segue.

## OS MECANISMOS DE FINANCIAMENTO À C,T&I E OS AVANÇOS NO CASO BRASILEIRO

O financiamento à inovação envolve investimentos em P&D, mas não somente. A inovação é um processo complexo que vai muito além da pesquisa. Vai muito além da ciência e da tecnologia. Todas as atividades que levam a um conhecimento a ser socialmente apropriado (pelo mercado ou não) estão presentes no processo inovativo. Como ressalta Heertje (1988), com a inovação, o melancólico mundo da reprodução monótona desaparece, dando lugar a uma situação na qual os agentes econômicos nervosamente experimentam, correm permanentes riscos e são obrigados a enfrentar problemas imprevisíveis<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> O orçamento do FNDCT foi ampliado em cerca de 30 vezes por meio da criação de fundos setoriais.

<sup>15</sup> Desde o ano passado a Finep vem implementando esses instrumentos, e já foram aprovados projetos com crédito a juros equalizados ao menor nível possível, que é zero. Nos dois últimos anos, os fundos representaram aportes de recursos no valor de mais de R\$ 1 bilhão (cerca de US\$ 380 milhões), com mais de mil projetos contratados.

<sup>16</sup> Principais ações do Projeto Inovar: Portal de Capital de Risco, Venture Forum

Brasil, Rede Inovar de Prospecção e Desenvolvimento de Negócios, Fundo Brasil Venture, Capacitação em Capital de Risco, Incubadora de Fundos, Linha de Financiamento para Abertura de Capital e Linha de Co-financiamento. Cf. Finep, Projeto Inovar: Ações e Resultados, RJ: setembro 2001, 63 pp.

<sup>17</sup> Esses programas foram criados no início do governo do presidente Fernando Henrique Cardoso e contribuíram fortemente para os avanços conquistados no período analisado. O Pite data de 1994 e o Pipe de 1997.

<sup>18</sup> Um tipo de risco decorre do fato de que as empresas ou instituições que inovam não necessariamente beneficiam-se dos sucessos alcançados. Muitas vezes os imitadores é que são os maiores beneficiados com os grandes lucros decorrentes de uma inovação gerada pelo concorrente.

O sistema financeiro, conforme aponta Gorgulho, é conservador e opera num horizonte de curto prazo sendo, nesse sentido, antiinovador. “O sistema financeiro está sempre disposto a emprestar para quem não precisa porque estas firmas atendem a todos os critérios de análise econômico-financeira e ainda oferecem garantias reais para o caso de inadimplência. Esta forma de análise deixa explícito que o desempenho passado é o melhor indicador para a tomada de decisão. Sob esta forma de análise, as empresas estabelecidas em setores industriais estáveis e maduros são as mais propensas a receberem financiamento” (Gorgulho 1996: 35).

É o caso, por exemplo, dos *private bonds*, que desde os anos 80 financiam investimentos relacionados à inovações de grandes corporações com alta credibilidade. Outro exemplo são os fundos levantados pelas firmas inovadoras, por meio da emissão de ações, em mercados financeiros especializados (Nasdaq ou outros análogos), que são sujeitos às condições de retorno financeiro aceitável para os investidores. Este é um tipo de financiamento de curto prazo, altamente dependente do próprio desenvolvimento do mercado de capitais e, portanto, de alta volatilidade (Chesnais e Sauviat 2000).

O capital de risco, por sua vez, é um mecanismo considerado o mais adequado para financiar principalmente investimentos em inovações em pequenas e médias empresas porque não exige garantias reais e o retorno dos investimentos é dependente do crescimento e da lucratividade da empresa financiada. Ele propicia capital de longo prazo e oferece suporte gerencial e administrativo (BVCA 2000 *apud* Gonçalves 2002).

De maneira geral, são tímidas as iniciativas destinadas a diversificar os instrumentos financeiros convencionais. O paradoxo risco versus garantia é um dos pontos mais importantes a se enfrentar nas políticas de financiamento à inovação, o que é particularmente importante para as economias menos desenvolvidas e imersas em condições macroeconômicas desfavoráveis ao crédito e ao risco.

Como se sabe, a cada fase do investimento são necessárias formas de financiamento que se diferenciam quanto ao prazo e às fontes de captação. Nem sempre é possível compatibilizar as necessidades financeiras dos tomadores e dos poupadores. Em geral, os investidores institucionais e corporativos alocam recursos nos estágios mais avançados, quando as empresas já dispõem do novo produto ou processo com alguma aceitação no mercado. Há, portanto, carência de investimentos nas fases iniciais, se fazendo muito importante a participação do setor público e dos pequenos investidores privados para viabilizar as empresas nesses estágios.

O financiamento público para a C,T&I no Brasil está baseado nos instrumentos tradicionais de crédito e subvenção, e incorporou recentemente o instrumento de risco. Conforme destaca Ávila, “pelo fato de ser o mais forte dos instrumentos de indução, e o de efeitos mais evidentes, [a subvenção] é o [instrumento] mais visado pelas regulamentações internacionais de defesa das condições de competição, o que não tem impedido que países os utilizem para a promoção de investimentos em setores ou regiões de interesse. As regras da OMC permitem a utilização de subvenções (e outros instrumentos de fomento) em políticas que têm como objetivo a redução de desigualdades regionais, a preservação do meio-ambiente, a pesquisa pré-competitiva e a capacitação tecnológica de pequenas empresas” (Ávila 2003: 76).

O crédito, tradicional forma de financiamento público e privado, não é, segundo Ávila, o mais adequado para atividades de grande risco porque todo tipo de ajuste feito visando adequá-lo a certas finalidades é de difícil acompanhamento. Além disso, tende a haver punição, em caso de fracasso do projeto financiado. Mesmo havendo possibilidades de perdão em situações como essa, por meio de cláusulas especiais, o acompanhamento recomendado também é bastante difícil, inviabilizando o uso deste tipo de instrumento. O uso de seguros de crédito e de fundos de aval ou garantia permite que sejam reduzidas as exigências de garantias para a concessão do crédito (Ávila 2003)<sup>19</sup>. O microcrédito orienta-se para microempresas ou para atividades do mercado informal que demandam um volume muito pequeno de recursos e não têm condições de oferecer garantias de pagamento.

<sup>19</sup> Albuquerque e Sicsú (2000) propõem a criação de uma Agência Especial de Seguros (AES) capaz de realizar o que chamam de “um tipo de seguro não tradicional” dos financiamentos privados em P&D. A Agência, de origem pública, pagaria uma indenização ao banco emprestador, que recuperaria uma parcela dos recursos comprometidos caso o projeto fracassasse por razões estritamente tecnológicas. Esse tipo de proposta procura evitar que os recursos públicos apoiem diretamente o setor privado e estimulem o setor financeiro a se envolver com atividades inovativas.

O subsídio direto às empresas visando ao desenvolvimento de novas tecnologias foi viabilizado no país pela Lei 8661 de 1993. Por meio da participação em programas de C&T, individualmente ou em parceria com OPPs, as empresas podiam fazer uso deste tipo de recurso. No entanto, o benefício se estendia apenas aquelas empresas que tinham imposto de renda a pagar, isto é, empresas de maior porte. A fim de superar esse tipo de restrição foi regulamentada, em 12/01/2001, a Lei 10.332 substituindo a Lei 8661/93 e instituindo novos instrumentos para o financiamento a Programas de C&T. O primeiro instrumento é a subvenção à empresas que executem programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e Agropecuário (PDTA), com recursos do Orçamento Fiscal. Com a nova Lei, as pequenas e médias empresas que não pagam imposto de renda passaram a ter acesso a essa forma de financiamento para a execução dos referidos programas. A equalização das taxas de juros dos empréstimos da Finep para projetos de P&D das empresas é outro instrumento que foi recentemente introduzido no país, por meio da referida Lei.<sup>20</sup>

No tocante ao financiamento de risco, este instrumento vem sendo consolidado na forma de aporte de capital a empresas de base tecnológica ou na forma de mecanismos de liquidez para fundos de capital de risco<sup>21</sup>. Os investidores de risco ainda correspondem a uma parcela pequena dos investidores existentes no país. Pode-se dizer que a grande maioria destes investidores corresponde a instituições privadas originalmente financeiras ou que foram constituídas a partir de empresas industriais ou de serviços.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, o desenvolvimento de novas tecnologias esteve, durante muito tempo, limitado às empresas estatais produtoras de bens considerados estratégicos. Muitas delas se abasteceram das técnicas e dos conhecimentos gerados nas universidades, centros, laboratórios e institutos de pesquisa existentes ou criados ao longo deste período. Outras aprenderam a inovar a partir da transferência de tecnologias.

A ausência de investimento em P&D contribuiu para ampliar o hiato entre capacitação e domínio tecnológico das empresas privadas frente às suas concorrentes internacionais, associada às resistências de parcela do setor acadêmico de aproximar-se da esfera da produção fez com que o Brasil permanecesse com seu Sistema Nacional de Inovação imaturo, incompleto e fragmentado.

A Política de C,T&I do governo anterior fez esforços reconhecidos para modificar esse cenário e suas ações foram implementadas com base em forte apoio dos diversos setores da sociedade. No entanto, há riscos de mudança de rumos no atual governo, que podem provocar uma interrupção neste processo, de maneira que o país corre o risco de sair da rota do desenvolvimento calcado em bases efetivas de sustentação.

Se por um lado a intenção de alcançar a estabilização da economia e de reduzir as taxas de juros é bastante positiva para uma possível retomada dos investimentos, por outro lado o atraso nos esforços de coordenação visando acabar com a dicotomia entre oferta e demanda por conhecimento pode ser um golpe na busca de competitividade tanto das organizações produtivas quanto das geradoras de conhecimento, também submetidas ao processo de concorrência. Há um grande trabalho pela frente, de capacitação e de aprendizado, tanto para as instituições acadêmicas quanto para a indústria e a esfera da produção de uma maneira geral e ele depende do reforço à Política de C,T&I.

Do ponto de vista financeiro, o contexto atual de ausência de um mercado de capitais minimamente desenvolvido, a presença de condições macroeconômicas altamente restritivas ao crédito (a qualquer crédito, mas particularmente adversas para operações de alto risco) e a baixa oferta de fontes públicas de fomento adequadas, tornam o fomento à inovação no país uma atividade quase heróica.

É preciso, pois, lançar mão de instrumentos criativos que contornem esses obstáculos, rebaixando os custos do financiamento, criando escala para o investimento de risco (como os fundos de risco) e ampliando as fontes de recursos. Grande esforço foi feito por parte dos órgãos financiadores para destinar os recursos a projetos com proposta de formação de redes de inovação visando à aplicação dos resultados na atividade produtiva e inovativa propriamente dita e estes esforços não podem ser abandonados.

<sup>20</sup> Os recursos para esse tipo de financiamento são provenientes do Fundo Verde-Amarelo de Interação Universidade-Empresa, operacionalizados pela Finep (Entrevista concedida pelo Secretário Executivo da época, Dr. Carlos Américo Pacheco, ao *Jornal da Ciência* de 15/04/2002).

<sup>21</sup> A lei 10.332 deu autorização para que os recursos do CT-Verde Amarelo possam utilizados para a oferta de garantias de liquidez, que deverão ser oferecidas sobre o valor total comprometido pelos investidores em fundos de capital de risco (*Jornal da Ciência* 15/04/2002).



Entende-se que é preciso ampliar o uso dos instrumentos recentemente implementados pelo MCT e pela Finep voltados para a redução do custo do financiamento à inovação e para a alavancagem de novos recursos junto ao setor privado: (a) reduzir as taxas de juros, equalizando-as aos menores níveis praticados no cenário internacional; (b) oferecer subvenção direta a atividades de P&D, dentro dos limites aceitos pela OMC; (c) criar mecanismos de aval e de garantia de liquidez para compatibilizar o financiamento ao empreendedorismo; (d) estimular a participação no capital de EBTs por meio da criação de fundos mútuos de capital de risco com o mesmo propósito; (e) combinar recursos reembolsáveis com outros não reembolsáveis tornando atraente o aporte de contrapartida por parte do setor privado; (f) oferecer bolsas para capacitação em escala crescente; e (g) criar redes de inovação financiadas por diferentes fontes e instrumentos.

A consolidação e a ampliação desses instrumentos devem estar balizadas por critérios e prioridades que hoje ainda não estão definidos. Assim, a ligação da política de C,T&I com as demais políticas de desenvolvimento (industrial, agrícola, serviços, social etc.) é condição essencial na busca de efetividade para o sistema. Todos esses instrumentos perdem razão de ser se a eles não forem definidas as prioridades estratégicas de desenvolvimento do país.

#### REFERÊNCIAS

- Albuquerque EM, Sicsú J 2000. Inovação institucional e incentivo ao investimento privado. *São Paulo em Perspectiva* 14: 108-114.
- Além AC 2000. As novas políticas de competitividade na OCDE: lições para o Brasil e a ação do BNDES. *Parcerias Estratégicas*: 201-235.
- Ávila JPC 2003. *Políticas Ativas para o Desenvolvimento do Setor Farmacêutico Brasileiro: Oportunidades e Bases Conceptuais para a sua Formulação*, Tese de Doutorado em Saúde Coletiva, área de concentração Política, Planejamento e Administração em Saúde, Instituto de Medicina, UFRJ, 205 pp.
- Castro AB 2002. A rica fauna da política industrial e a sua nova fronteira. *Revista Brasileira de Inovação* 1: 253-274.
- Chesnaï F 1996. *A Mundialização do Capital*, Xamã, São Paulo, 335 pp.
- Chesnaï F, Sauviat C 2000. The financing of innovation-related investment in the contemporary global finance-dominated accumulation regime. In *Seminário Internacional Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e as Novas Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico*, UFRJ, Rio de Janeiro, 50 pp.
- CT Brasil/MCT 2001. *Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil*, Brasília, 33 pp.
- Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para a Sociedade Brasileira - Livro Verde*. Coordenado por Cylon Gonçalves da Silva e Lucia Carvalho Pinto de Melo, MCT/ABC, Brasília.
- Dosi G 1991. Una reconsideración de las condiciones y los modelos del desarrollo: una perspectiva evolucionista de la innovación, el comercio y el crecimiento. *Pensamiento Iberoamericano* 20: 167-191.
- Fajnzilber F 1983. *La Industrialización Trunca de América Latina*, Nueva Imagen, México.
- Finep 2002. *Relatório de Atividades 2001*, Finep, Rio de Janeiro.
- Freeman C, Soete L 1997. *The Economics of Industrial Innovation*, 3ª ed; The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 468 pp.
- Gorgulho LF 1996. O capital de risco como alternativa de financiamento às pequenas e médias empresas de base tecnológica: o caso do CONTEC/BNDES, Dissertação (Mestrado em Economia), UFRJ, Rio de Janeiro, 181 pp.
- Heertje A 1988. Technical and financial innovation. In A Heertje. *Innovation, Technology, and Finance* (for the European Investment Bank) Basil Blackwell UK, p. 1-13.
- Jornal da Ciência, 15/04/02, versão *on line*. [www.jornaldaciencia.org.br](http://www.jornaldaciencia.org.br)
- Oslo Manual 1997. *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, OCDE, Paris, 122 pp.
- Pacheco CA 2001. Diretrizes de um programa para C&T&I. Documento Interno, MCT, 34 pp.
- Prakke F 1988. The financing of technical innovation. In A Heertje, *Innovation, Technology, and Finance* (for the European Investment Bank) Basil Blackwell, UK, 71-100 p.
- Revista Pesquisa Fapesp* 2001. São Paulo. 69 (Suplemento Especial “Inovação Tecnológica”).
- Stiglitz JE 2002. *A Globalização e seus Malefícios: a Promessa Não Cumprida de Benefícios Globais*, Futura, São Paulo, SP, 327 pp.
- Suzigan W, Villela AV 1997. *Industrial Policy in Brazil*, Unicamp, Campinas, 236 pp.
- Vermulm R 2002. Diretrizes para uma política de tecnologia. Relatório (Versão Preliminar), Projeto *Perspectivas de Reestruturação das Políticas de Financiamento do Desenvolvimento da Tecnologia no Brasil*, Fundap, São Paulo, SP, 25 pp.





*Sergio Salles-Filho*

**PERFIL PROFISSIONAL**

Professor Livre Docente e atualmente chefe do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp. Atua com política e gestão da inovação, tendo nos últimos anos centrado seus trabalhos nos temas de avaliação, prospecção, financiamento e planejamento institucional. Foi superintendente de planejamento da Finep no período entre março de 2001 e fevereiro de 2003.

*Solange Corder*

**PERFIL PROFISSIONAL**

Doutoranda do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas. Tem produzido diversos trabalhos sobre a reorganização da pesquisa pública no Brasil

---

<b>VOL.1 (2)</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>OUTUBRO 2003</b>
	Homenagem a Sergio Arouca - <i>Renato Sérgio Balão Cordeiro</i> .....	5
	Uma Introdução à Nanotecnologia - <i>Cylon Gonçalves da Silva</i> .....	7
	Bases para uma Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde - <i>Reinaldo Guimarães</i> .....	21
	Reestruturação da Política de Ciência e Tecnologia e Mecanismos de Financiamento à Inovação Tecnológica no Brasil - <i>Sergio Salles-Filho,</i> <i>Solange Corder</i> .....	35

