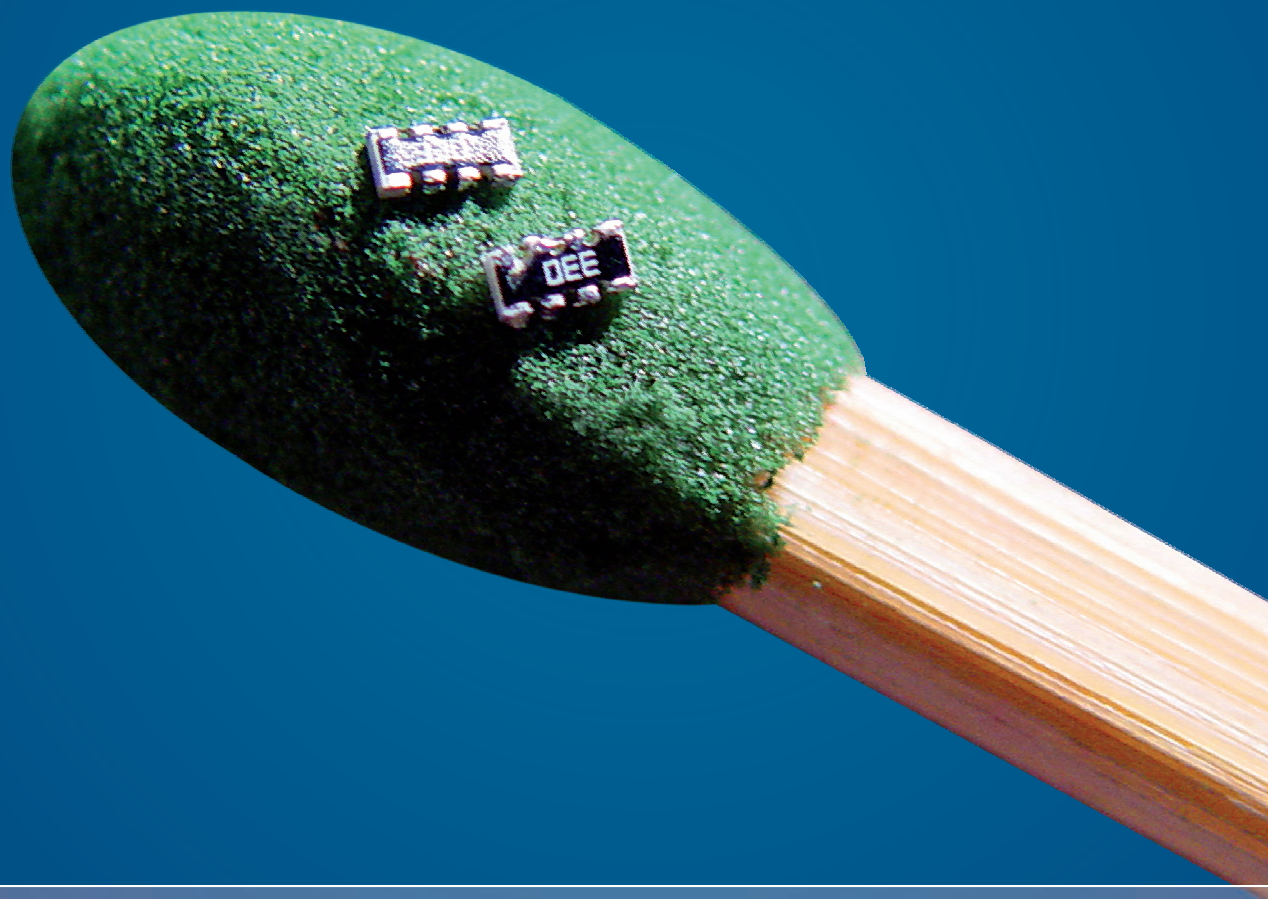


# Panorama Nanotecnologia





Panorama

# Nanotecnologia

Série Cadernos da Indústria ABDI

Volume XIX

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)

Brasília – 2010

© 2010 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI  
Série Cadernos da Indústria ABDI – Volume XIX  
Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.  
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

### **Supervisão**

Maria Luisa Campos Machado Leal – Diretora da ABDI

### **Equipe técnica da ABDI**

Rosane Argou Marques – Coordenadora de Inovação  
Marcia Oleskovicz – Coordenadora de Comunicação  
Maria Olívia de Souza Brandão – Técnica  
Karen Cristina Leal da Silva Ilogti – Técnica  
Carolina Eufêmia Aquino de Sá – Assistente

### **Equipe técnica do CGEE**

Carlos Augusto de Moraes – Coordenador geral  
Maria Fátima Ludovico de Almeida – Coordenação Metodológica  
Ernesto Costa de Paula – Apoio técnico  
Ana Paula de Sena – Apoio técnico

Bernardo Godoy de Castro – Apoio técnico  
Sabrina Ottani – Apoio técnico  
Ana Maria Rocco – Nanoenergia  
Anderson Stevens Leônidas Gomes – Nanofotônica  
Claudio Radtke – Nanoeletrônica  
Fernando Lázaro Freire Júnior – Nanomateriais  
Luiz Henrique Caparelli Mattoso – Nanoambiente  
Sílvia Stanisquaski Guterres – Nanobiotecnologia  
Valtencir Zucolotto – Nanobiotecnologia

### **Fotos**

Arquivo ABDI

### **Projeto Gráfico, Diagramação e Revisão de texto**

Chá com Nozes Propaganda

## **Ficha Catalográfica**

---

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
Panorama nanotecnologia / Agência Brasileira de Desenvolvimento  
Industrial. – Brasília: ABDI, 2010.

180 p. (Série Cadernos da Indústria ABDI XIX)

ISBN 978-85-61323-22-6

1. Nanotecnologia. 2. Nanociências. I. Título. II. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

CDU 620.3

---

### **ABDI**

#### **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**

Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco B – Ed. CNC  
70041-902 – Brasília – DF  
Tel.: (61) 3962-8700  
[www.abdi.com.br](http://www.abdi.com.br)

### **CGEE**

#### **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**

Setor Bancário Norte  
Quadra 2 – Bloco A – Ed. Corporate Financial Center  
Sala 1102  
70712-900 – Brasília – DF  
[www.cgее.org.br](http://www.cgее.org.br)



## **República Federativa do Brasil**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

Presidente

## **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**

**Miguel Jorge**

Ministro

## **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**

**Reginaldo Braga Arcuri**

Presidente

**Clayton Campanhola**

Diretor

**Maria Luisa Campos Machado Leal**

Diretora

**Rosane Argou Marques**

Coordenadora de Inovação

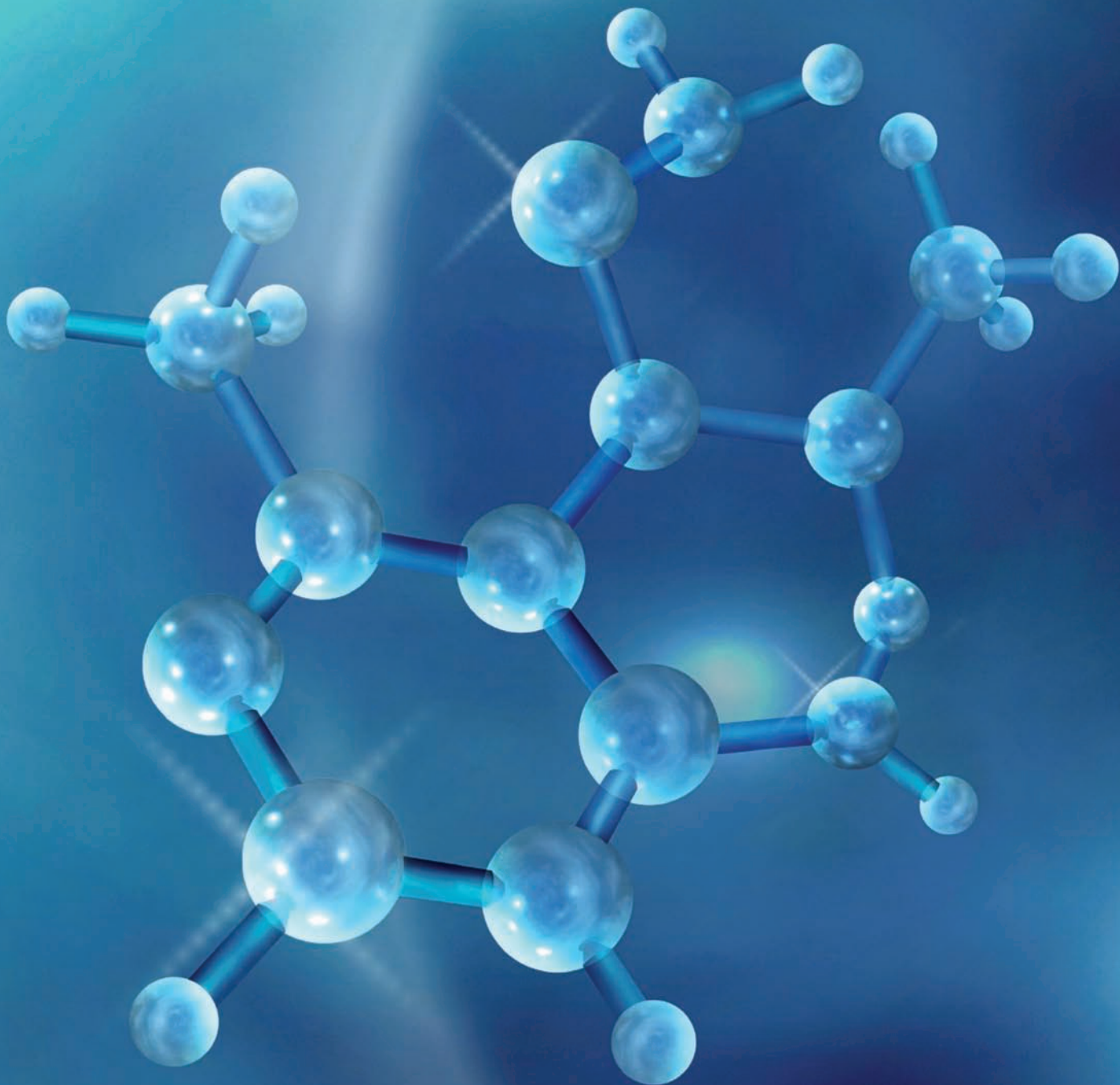
Sumário



<b>Apresentação.....</b>	<b>18</b>
<b>Resumo executivo.....</b>	<b>22</b>
Propriedade intelectual: 1981-2006.....	27
Mercado.....	29
Mercado de nanotecnologia no mundo: visão geral .....	30
Mercado de nanotecnologia no Brasil .....	31
Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil.....	33
Recursos humanos.....	34
Infraestrutura .....	36
Investimentos e aspectos de mercado .....	39
Marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade .....	40
Considerações finais .....	44
<b>1. Introdução.....</b>	<b>50</b>
<b>2. Produção científica: 1996-2006 .....</b>	<b>54</b>
<b>3. Propriedade intelectual: 1981-2006.....</b>	<b>64</b>
<b>4. Mercado .....</b>	<b>72</b>
4.1 Mercado de nanotecnologia no mundo.....	76
4.2 Mercado de nanotecnologia no Brasil.....	86
<b>5. Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil.....</b>	<b>92</b>
5.1 Recursos humanos .....	93
5.2 Infraestrutura .....	104
5.3 Investimentos e aspectos de mercado.....	110

5.4 Marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade.....	136
<b>6. Considerações finais.....</b>	<b>150</b>
<b>7. Referências bibliográficas.....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo I .....</b>	<b>166</b>





Lista de tabelas :

## Resumo executivo

<b>Tabela RE-1.</b> Crescimento da produção científica em nanotecnologia: 1996-2006.....	25
--	----

<b>Tabela RE-2.</b> Taxa média de crescimento anual do número de patentes americanas nos principais temas de nanotecnologia: 1981-2006.....	27
---	----

<b>Quadro RE-1.</b> Produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil.....	33
---	----

## 2. Produção científica: 1996-2006

<b>Tabela 2.1</b> Crescimento da produção científica em nanotecnologia: 1996-2006.....	57
--	----

## 3. Propriedade intelectual: 1981-2006

<b>Tabela 3.1</b> Taxa média de crescimento anual do número de patentes americanas nos principais temas de nanotecnologia: 1981-2006.....	66
---	----

## 4. Mercado

<b>Quadro 4.1</b> Produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil.....	89
---	----

## 5. Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil

<b>Quadro 5.1</b> Instituições científicas e tecnológicas com equipamentos de médio e grande porte para nanocaracterização .....	106
--	-----

<b>Tabela 5.1</b> Investimentos iniciais nas redes de N&N.....	111
--	-----

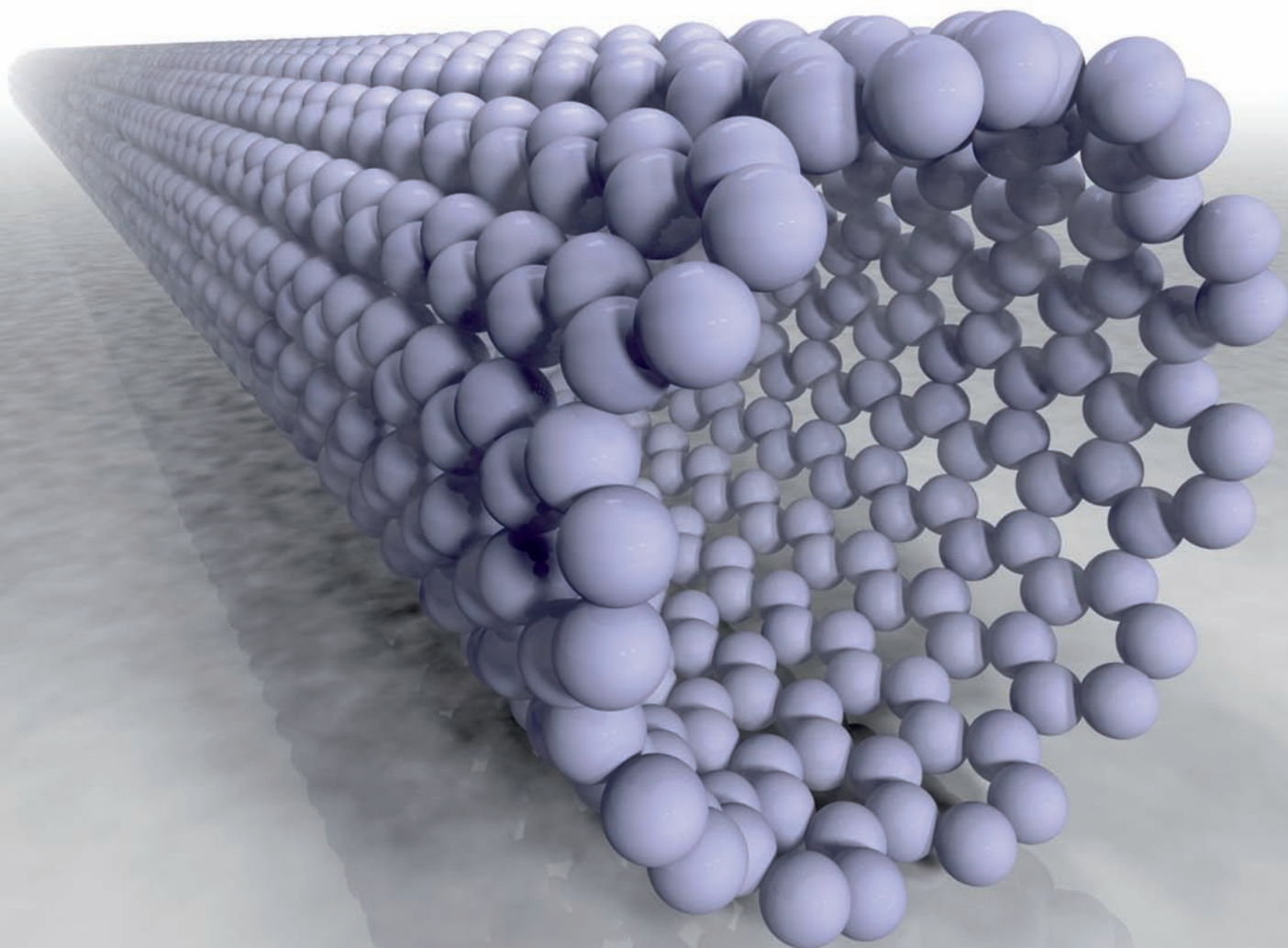
<b>Tabela 5.2</b> Recursos para os Institutos do Milênio com atuação em N&N.....	112
--	-----

<b>Tabela 5.3</b> Editais do CNPq em N&N no exercício de 2003 .....	112
---	-----

<b>Tabela 5.4</b> Editais em N&N no exercício de 2004.....	114
<b>Tabela 5.5</b> Editais do CNPq em N&N no exercício de 2004 .....	115
<b>Tabela 5.6</b> Edital RHAE/Inovação em 2004.....	115
<b>Tabela 5.7</b> Recursos liberados para Laboratórios em 2005.....	116
<b>Tabela 5.8</b> Editais Finep em N&N no exercício de 2004 .....	116
<b>Tabela 5.9</b> Editais CNPq em N&N no exercício de 2005 .....	117
<b>Tabela 5.10</b> Editais CNPq em N&N no exercício de 2006 .....	119
<b>Tabela 5.11</b> Editais Finep em 2006 .....	120
<b>Tabela 5.12</b> Editais CNPq em N&N no exercício de 2007 .....	123
<b>Tabela 5.13</b> Indicadores de evolução no edital de jovens pesquisadores em N&N .....	123
<b>Tabela 5.14:</b> Perfil das solicitações nos editais para infraestrutura laboratorial: período 2006-2007 .....	125
<b>Tabela 5.15</b> Visão geral do apoio de empresas por editais no período 2004-2007 .....	129
<b>Quadro 5.2</b> Empresas apoiadas por editais no período 2004-2007 .....	130
<b>Quadro 5.3</b> Documentos normativos em desenvolvimento no âmbito do Comitê Técnico ISO/TC 229.....	140







Lista de figuras :

<b>2. Produção científica: 1996-2006</b>	
<b>Figura 2.1</b> Número de trabalhos publicados em nanociência e percentual da produção científica em nanociência em relação ao total de publicações indexadas na base Scopus: 1996-2006....	56
<b>Figura 2.2</b> Produção científica em nanociência: países líderes: 1996-2006 .....	59
<b>Figura 2.3</b> Produção científica em nanociência: impacto científico e grau de especialização de cada país em relação à média mundial: 1996-2001 e 2002-2006 .....	60
<b>3. Propriedade intelectual: 1981-2006</b>	
<b>Figura 3.1</b> Evolução do nº de patentes americanas em nanotecnologia: 1981-2006.....	65
<b>Figura 3.2</b> Crescimento relativo dos temas da nanotecnologia expresso em número de patentes americanas: 1981-2006....	67
<b>Figura 3.3</b> <i>Portfolios</i> de propriedade intelectual em nanotecnologia dos países líderes: 1981-2006.....	68
<b>Figura 3.4</b> <i>Portfolio</i> de propriedade intelectual em nanotecnologia das empresas líderes: 1981-2006.....	69
<b>Figura 3.5</b> <i>Portfolio</i> de propriedade intelectual em nanotecnologia das universidades líderes: 1981-2006 .....	70
<b>4. Mercado</b>	
<b>Figura 4.1</b> Cadeia de valor da nanotecnologia .....	73
<b>Figura 4.2</b> Mercado global de nanotecnologia por estágio da cadeia de valor: 2004-2014.....	75
<b>Figura 4.3</b> Margens operacionais segundo o estágio da cadeia de valor de produtos incorporando nanotecnologias emergentes.....	75

<b>Figura 4.4</b> Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2007 .....	76
<b>Figura 4.5</b> Crescimento do mercado global de nanotecnologia: 2006-2015.....	77
<b>Figura 4.6</b> Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2012 .....	78
<b>Figura 4.7</b> Mercado global de nanomateriais: 2004-2010.....	79
<b>Figura 4.8</b> Mercado global de nanocompósitos, nanopartículas, nanoargilas e nanotubos: 2005-2011 .....	81
<b>Figura 4.9</b> Mercado global de nanoeletrônica: 2003-2013.....	82
<b>Figura 4.10</b> Mercado global de dispositivos nanofotônicos: 2003-2009 .....	83
<b>Figura 4.11</b> Mercado global das aplicações de nanobiotecnologia: 2004-2010.....	84
<b>Figura 4.12</b> Mercado global das aplicações de nanotecnologia em energia: 2006-2012.....	85
<b>Figura 4.13</b> Mercado global da nanotecnologia em aplicações ambientais: 2003-2010 .....	86
<b>5. Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil</b>	
<b>Figura 5.1</b> Evolução do nº de artigos de pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008 .....	94
<b>Figura 5.2</b> Competências brasileiras identificadas na base <i>Web of Science</i> : 2005-2008.....	95
<b>Figura 5.3</b> Instituições brasileiras às quais os pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia estão vinculados: 2005-2008 .....	96



<b>Figura 5.4</b> Áreas de especialização dos artigos publicados por pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008.....	97
<b>Figura 5.5</b> Número de pesquisadores envolvidos em grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008.....	99
<b>Figura 5.6</b> Número de grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia por termo de busca: 2008 .....	100
<b>Figura 5.7</b> Instituições com mais de 5 grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008 .....	101
<b>Figura 5.8</b> Distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008 .....	102
<b>Figura 5.9</b> Áreas de conhecimento declaradas pelos grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008.....	103
<b>Figura 5.10</b> Distribuição geográfica das Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) com equipamentos de médio e grande porte para nanocaracterização .....	108
<b>Figura 5.11</b> Setores da economia atendidos no edital Finep/Nanotecnologia em 2004.....	114
<b>Figura 5.12</b> Setores da economia atendidos no edital Finep/Nanotecnologia em 2005.....	117
<b>Figura 5.13</b> Rede Brasil de N&N e Instituto do Milênio de Nanociências.....	118
<b>Figura 5.14</b> Demanda em N&N por meio dos editais do CNPq no período 2001-2005 .....	119
<b>Figura 5.15</b> Setores da economia atendidos na Chamada Pública para Subvenção Econômica à Inovação da Finep em 2006....	120
<b>Figura 5.16</b> Setores da economia atendidos na Carta Convite para Cooperação ICTs Empresas da Finep em 2006 .....	121

<b>Figura 5.17</b> Setores da economia atendidos no edital de subvenção – segunda lista da Finep em 2007 .....	121
<b>Figura 5.18</b> Recursos investidos pelo MCT em ações de N&N no período 2001-2006.....	122
<b>Figura 5.19</b> Distribuição por área dos recursos aprovados no Edital MT/CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento.....	124
<b>Figura 5.20</b> Distribuição geográfica dos projetos solicitados por região no Edital MT/CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento.....	124
<b>Figura 5.21</b> Distribuição por estado do número de pedidos (>10) no Edital MT/CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento .....	125
<b>Figura 5.22</b> Distribuição por área dos recursos aprovados no Edital MT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial ....	126
<b>Figura 5.23</b> Distribuição por região dos recursos solicitados no Edital MT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial ....	126
<b>Figura 5.24</b> Distribuição por estado do número de pedidos (>4) dos recursos solicitados no Edital MT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial.....	127





Apresentação





A nanotecnologia tem um significado especial para a inovação industrial. Entre tantas inovações convergentes, a nanociência e a nanotecnologia entram nessa longa aventura como uma alternativa para o estudo dos fenômenos e manipulação de materiais na escala atômica, molecular e macromolecular, quando as propriedades diferem significativamente daquelas observadas na escala macro e a realização do desenho, caracterização, produção de estruturas, peças e sistemas pelo controle do seu tamanho e forma na escala nanométrica, ou 10<sup>-9</sup>.

Presente em vários produtos do nosso cotidiano, como nos protetores solares, em calçados esportivos, telefones celulares, tecidos, cosméticos, automóveis e medicamentos, entre outros, também é muito ativa em vários setores, tais como: energia, agropecuária, tratamento e remediação da água, cerâmica e revestimentos, materiais compostos, plásticos e polímeros, cosméticos, aeroespacial, naval e automotivo, siderurgia, odontológico, têxtil, cimento e concreto, microeletrônica, diagnóstico e prevenção de doenças e sistemas para direcionamento de medicamentos.

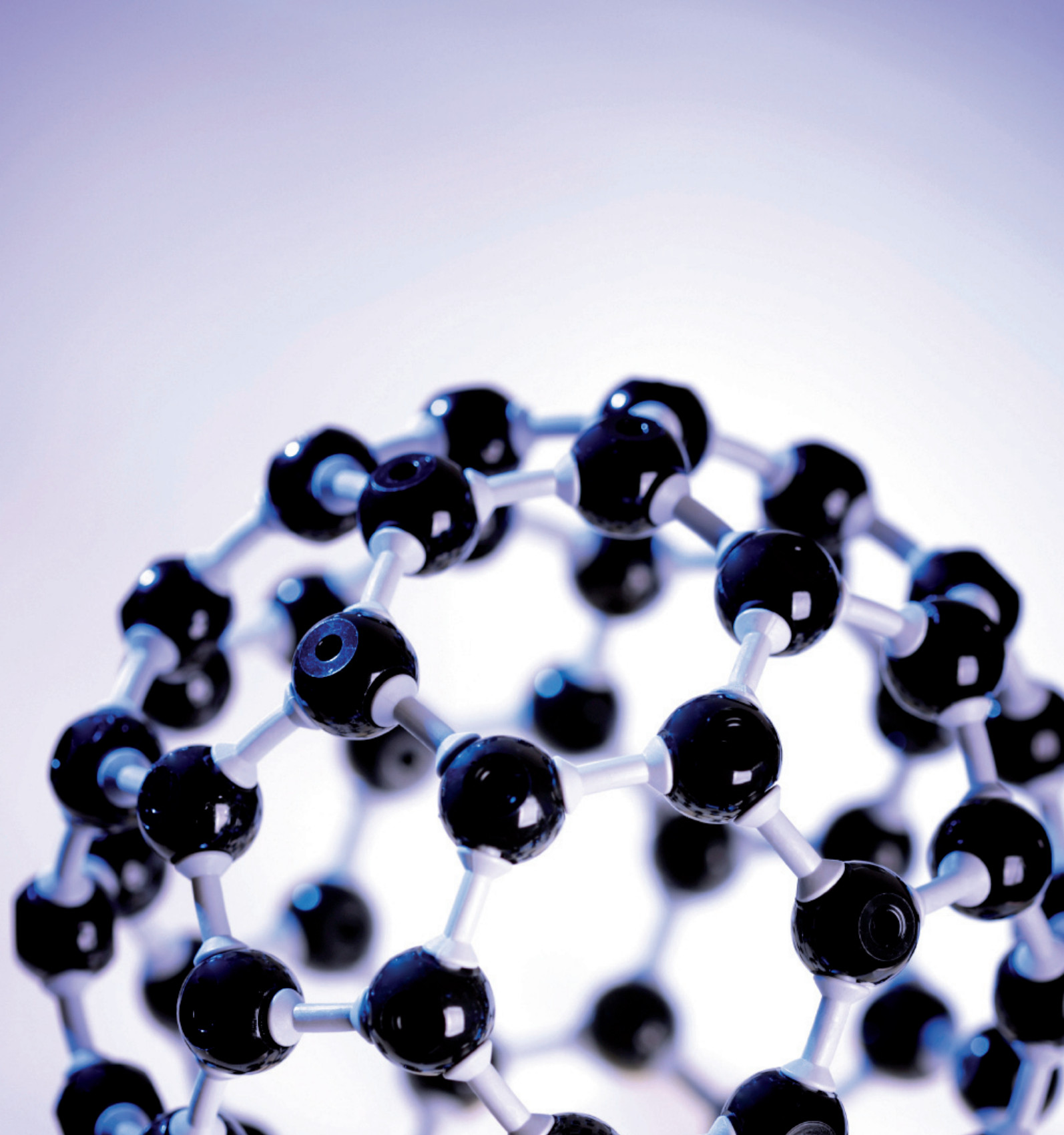
Diante da importância desta área tecnológica para o desenvolvimento industrial, com o objetivo de promover a articulação entre o desenvolvimento da nanotecnologia e as necessidades da indústria, A ABDI iniciou uma série de ações a partir de 2006. A Agência promoveu seminários, oficinas, reuniões, estudos e apóia a construção, execução e monitoramento do Programa de Nanotecnologia da Política de desenvolvimento Produtivo. Estas ações fazem parte da missão institucional da ABDI, no âmbito da Estratégia Nacional de Nanotecnologia.

Este Panorama resulta de contrato realizado pela ABDI com o CGEE que contempla, também, o Estudo Prospectivo da Nanotecnologia. Vários especialistas participaram de oficinas de trabalho realizadas para a construção do documento, representando a iniciativa privada, organismos

públicos, universidades e instituições de pesquisa de diferentes regiões do Brasil, que agradecemos imensamente a contribuição.

Além deste documento, a ABDI disponibiliza a Cartilha sobre Nanotecnologia e o boletim Nano em Foco com informações atualizadas sobre os lançamentos de produtos e processos, além de notícias sobre normas técnicas e legislação para nanotecnologia. A Cartilha e os boletins estão disponíveis no site da ABDI.





Resumo executivo



A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, com o objetivo de subsidiar a Iniciativa Nacional de Inovação em Nanotecnologia – INI-Nanotecnologia, divulgam conjuntamente esta versão do Resumo Executivo do “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil”.

A percepção de que a nanotecnologia e a nanociência (N&N) representam um novo patamar de conhecimento, com imensos e ainda não devidamente mensurados impactos científicos e econômicos, levou os países líderes, como os EUA, o Japão e os da Comunidade Europeia, a desenhar iniciativas nacionais ou regionais de incentivo e de financiamento privilegiado para a área, visando a novos patamares de competitividade de suas empresas. Com financiamentos mais modestos, vários países em desenvolvimento também descobriram o grande potencial da N&N e, em função disso, constituíram suas iniciativas nacionais que poderão reverter em significativas melhorias da qualidade de vida de suas populações. Como exemplos de bons focos podem ser citados agricultura, energia, preservação ambiental, saúde pública, entre tantos outros.

Nos últimos anos, o Brasil tem avançado consistentemente no desenvolvimento de ações de muita importância em Ciência, Tecnologia e Inovação (C&T&I), com resultados concretos na produção científica, tecnológica e formação de recursos humanos em áreas consideradas estratégicas, particularmente em determinados campos de nanotecnologia e nanociência (N&N). Nesse contexto, o “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil” consolida as informações oriundas de trabalhos de prospecção previamente realizados pelo CGEE e por instituições internacionais sobre nanotecnologia. O documento está organizado em quatro seções, a saber: *(i)* produção científica; *(ii)* propriedade intelectual; *(iii)* mercado; e *(iv)* quadro da situação atual das dimensões da INI-Nanotecnologia no Brasil. Os conteúdos das duas primeiras seções são baseados em um estudo bibliométrico recente, de

cobertura internacional, realizado pela Science-Metrix,<sup>1</sup> contemplando os campos da nanociência e da nanotecnologia.

Nesta seção, descrevem-se os resultados do estudo bibliométrico publicado pela Science-Metrix em 2008, referente aos trabalhos científicos indexados na base de dados internacional Scopus no campo da nanociência, no período 1996-2006. Ressalta-se, porém, que qualquer resultado de uma análise bibliométrica tem um caráter apenas indicativo, recomendando-se seu cruzamento posterior com outras informações e análises referentes aos temas pesquisados.

O número de trabalhos científicos em nanociência cresceu a uma taxa anual de 16% (CAGR), durante o período 1996-2005, o que significa dobrar a cada 4,7 anos, mais que quatro vezes a taxa de crescimento da produção científica em todos os campos, medida pelo número total de publicações indexadas na base Scopus no mesmo período. Em termos relativos, os dados revelam que a presença de publicações em nanociência tem quase triplicado durante a última década (crescimento de 1,5% a 4,2%), confirmando-se que a nanociência, como campo de conhecimento, está desenvolvendo-se muito mais rápido que o conhecimento científico nos demais campos. A Tabela RE-1 mostra o número de trabalhos científicos em cada tema da nanotecnologia e as respectivas taxas de crescimento anual.



**Tabela RE-1.** Crescimento da produção científica em nanotecnologia: 1996-2006

Tema	Produção científica (nº de artigos)	Crescimento anual (%)	Tempo em que dobra a produção científica (anos)
NEMS	6.609	35,5	2,3
Energia	11.963	31,1	2,6
Meio ambiente	3.729	25,9	3,05
Materiais	223.836	21,8	3,5
Medicina e Biologia	58.963	20,7	3,7
Metrologia	2.660	15,5	4,8
Ótica e fotônica	104.992	14,5	5,1
Eletrônica e Informática	99.879	12,8	5,8
Nanotecnologia	378.996	16	4,7
Mundo	14.086.635	3,9	18,1

Fonte: Science-Metrix (2008), p. 20. Base de dados Scopus.

O crescimento da produção científica em nanotecnologia tem sido mais rápido em NEMS, nanoenergia e nanoambiente. Esses temas, embora com menor produção científica em relação a nanomateriais, por exemplo, têm crescido muito rapidamente, dobrando o número de trabalhos científicos a cada três anos ou até menos. Nanomateriais e nanobiotecnologia experimentaram também altas taxas de crescimento anual, superiores ao crescimento da nanotecnologia como um todo, no mesmo período da análise.

Essa tabela também fornece uma visão da importância de cada tema em relação à nanotecnologia, com destaque para nanomateriais, com 223.836 trabalhos publicados, seguidos por nanofotônica e nanoeletrônica, com 104.992 e 99.879 trabalhos científicos, respectivamente, em um total de 378.996 em nanotecnologia.

Considerando-se um total de cerca de 379.000 trabalhos científicos em nanociência publicados desde 1996, os EUA vêm liderando, com 102.000 trabalhos, respondendo por 27% da produção mundial. Entre os líderes, encontram-se o Japão e a Alemanha, com 13% e 10% da produção científica mundial, respectivamente. Em destaque, encontra-se a Suíça que, embora não tenha uma produção científica em nanociência tão expressiva quanto a dos países citados, aparece com o maior grau de impacto científico (ARC de 1,41), compartilhado com a Dinamarca e os EUA.

Os seis países que seguem no *ranking* ou possuem uma produção científica significativa em volume de trabalhos publicados em nanociência ou têm um alto grau de especialização. A China tem uma forte posição no *ranking*, com 49.500 trabalhos. De fato, a China publica mais trabalhos científicos que o Japão e é o segundo colocado logo após os EUA, com 49.503 trabalhos. Há uma tendência clara de crescimento da produção científica da Coreia, China, Taiwan e Índia, com taxas de crescimento anual (CAGR) de 32%, 26%, 25%, respectivamente. O Brasil está entre os líderes da produção científica mundial em nanociência, ocupando a 25ª posição no *ranking* geral e a 20ª posição em termos do número de trabalhos científicos, com 4.358 trabalhos publicados e indexados na referida base, no período 1996-2006.

Dentre as universidades líderes no *ranking* mundial da produção científica em nanociência, a University of Tokyo (Japão) é a líder, com 4.728 publicações, representando 1,2% do total de publicações em nanociência no mundo e 9,7% da produção científica em nanociência no Japão. Seguem outras universidades japonesas: Osaka e Tohoku, com 3.986 e 3.922 trabalhos científicos, respondendo por 8,2% e 8,1% da produção científica em nanociência do Japão, respectivamente. Destaca-se, ainda, a Tsinghua University, com 3.032 trabalhos científicos, o que representa 6,1% da produção científica da China em nanociência.





As empresas com o maior número de trabalhos publicados no período foram a IBM, a NTT e Alcatel-Lucent, com 1.770, 1.377 e 1.198 trabalhos científicos, respectivamente. As empresas Sumitomo, Hitachi e Samsung também se destacaram, com 1.127, 1.010 e 906 trabalhos publicados.

## Propriedade intelectual: 1981-2006

Nesta seção, destacam-se os principais resultados do estudo conduzido pela Science-Metrix em 2008,<sup>2</sup> referentes ao levantamento de patentes em nanotecnologia, concedidas pelo United States Patent and Trademark Office (USPTO), no período de 1981 a 2006.

A Tabela RE-2 mostra a taxa média de crescimento anual dos principais domínios da nanotecnologia, bem como o número de patentes concedidas pelo USPTO em cada domínio, no período 1981-2006. Os domínios que mais crescem são nanomateriais, nanoeletrônica e NEMS. Nesses domínios, o número de patentes concedidas dobrou em menos de cinco anos. Nanofotônica também tem crescido mais rápido que o campo da nanotecnologia, enquanto outros domínios têm se desenvolvido na mesma taxa de crescimento do campo da nanotecnologia como um todo.

**Tabela RE-2. Taxa média de crescimento anual do número de patentes americanas nos principais temas de nanotecnologia: 1981-2006**

Tema	Patentes concedidas	Crescimento anual (%)	Tempo em que dobra o nº de patentes concedidas
Materiais	7.132	17	4,4
Eletrônica e Informática	5.502	16,5	4,5
NEMS	742	16,4	4,6
Meio ambiente	143	14,1	5,3
Metrologia	2.372	13,9	5,3
Ótica e Fotônica	5.800	13,9	5,3
Energia	833	12,9	5,7
Medicina e Biologia	6.950	12,3	6,0
Nanotecnologia	19.305	12,9	5,7
USPTO	2.894.359	4,3	16,3

Fonte: Science-Metrix (2008), p.137. Base de dados USPTO.

Os EUA lideram o *ranking* pelo número de patentes em nanotecnologia (10.005 patentes ativas no período 1981-2006). Nas posições seguintes, encontram-se Taiwan, China e Reino Unido pelo seu grau de especialização e impacto. Países como Índia, Cingapura, China, Bélgica, Israel e Canadá têm maiores percentuais de patentes em nanotecnologia em seus *portfolios* de patentes do que os EUA, que lideram o *ranking*. O Brasil, que se encontra na 25ª posição entre os líderes da produção científica em nanociência, não aparece em posição de destaque no panorama da propriedade intelectual em nanotecnologia.

Dentre as empresas líderes no *ranking* da propriedade intelectual em nanotecnologia, considerando-se o mesmo horizonte temporal e os mesmos indicadores adotados na elaboração do *ranking* dos países, destacam-se: em primeiro lugar a 3M, seguida da IBM, Exxon Mobil, Xerox e Applied Materials.

As empresas da área de tecnologias de informação e comunicação estão entre as vinte primeiras do *ranking*: IBM, Hewlett-Packard, Micron Technology, AMD, Texas Instruments, Intel e Motorola. Eastman Kodak e 3M são mais vinculadas ao campo de nanomateriais, enquanto a Hitachi, Matsushita, Canon, Alcatel-Lucent, Seiko Epson, Sumitomo, Samsung, Mitsubishi e Toshiba estão mais atuantes no segmento de semicondutores e nanoeletrônica. Já empresas como a Procter & Gamble e a L’Oreal estão mais voltadas para nanobiotecnologia e suas aplicações nos mercados de cosméticos e de higiene.

Das quinze instituições acadêmicas que lideram o *ranking* mundial, todas são universidades americanas. Dentre essas, a University of California claramente lidera em termos do número de patentes ativas em nanotecnologia (316 patentes), embora ela não seja especializada nesse campo como outras que são consideradas especializadas, como Rice University, que ocupa



a primeira posição no *ranking*, e a Pennsylvania State University e a University of Connecticut, na 4ª e na 12ª posições, respectivamente.

## Mercado

Nesta seção, apresenta-se uma visão geral sobre o mercado da nanotecnologia no mundo e no Brasil, com base em dados e informações de fontes internacionais reconhecidas nessa área<sup>3,4,5,6</sup> e em trabalhos e teses recentes sobre o panorama nacional de nanotecnologia no Brasil.<sup>7</sup>

Antes de iniciar a apresentação propriamente dita do atual mercado da nanotecnologia no mundo e no Brasil, faz-se necessário conceituar a cadeia de valor desse campo, em seus diversos estágios, conforme a visão de negócios e de mercado preconizada pela Lux Research.<sup>8</sup> Isso porque, segundo a Lux Research, não existe um mercado de nanotecnologia, e sim uma cadeia de valor, que vai desde os nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de argila), passando por nanointermediários (nesse exemplo, materiais compósitos produzidos a partir de nanopartículas de argila), até as chamadas nanoaplicações (na sequência, bens de consumo incorporando nanocompósitos). Além da conceituação da cadeia de valor e sua importância para a identificação de oportunidades de mercado em nanotecnologia, a Lux Research ressalta a questão da inovação tecnológica em nanotecnologia, argumentando que nem toda nanotecnologia é uma nova tecnologia. Enquanto nanotecnologias emergentes estão sendo desenvolvidas no momento, outras tecnologias, ditas conhecidas ou estabelecidas, já estão no mercado há anos, como é o caso das zeólitas sintéticas. O terceiro aspecto que deve ser levado em consideração na identificação de aplicações promissoras para o Brasil é que muitos produtos incorporando nanotecnologias serão rentáveis apenas marginalmente. A maioria dos nanomateriais irá rapidamente se tornar *commodities* com margens de lucro reduzidas, quando comparados com especialidades químicas, por exemplo. A lucratividade de

nanointermediários e nanoaplicações pode variar muito, em função das margens das categorias de produtos a jusante na cadeia.

Nos últimos anos, as empresas que internalizaram esses conceitos têm investido anualmente mais de US\$ 3,8 bilhões em P&D, e muitas já estão com seus novos produtos no mercado. A expectativa é de que a difusão de novos produtos baseados em nanotecnologia impacte fortemente a produção de bens manufaturados nos próximos seis anos. A título de ilustração, em 2004, os produtos que incorporaram novas nanotecnologias totalizaram um mercado de US\$ 13 bilhões, menos que 0,1% da produção global de bens manufaturados naquele ano. Em 2014, a projeção é que esse patamar se eleve a US\$ 2,6 trilhões, representando 15% da produção global de bens manufaturados nesse horizonte.

### **Mercado de nanotecnologia no mundo: visão geral**

O mercado total de produtos que incorporam nanotecnologias (incluindo semicondutores e eletrônicos) atingiu US\$ 135 bilhões em 2007, devendo alcançar US\$ 693 bilhões até o final de 2012 e cerca de US\$ 2,95 trilhões em 2015. Excluindo-se os semicondutores e eletrônicos, o mercado global de produtos que incorporam nanotecnologias chegou a US\$ 83 bilhões em 2007, devendo alcançar US\$ 263 bilhões em 2012 e US\$ 1,5 trilhões em 2015.<sup>9</sup>

A distribuição do mercado mundial de nanotecnologia por setor de atividade, em 2007, conforme estudo da Cientifica Ltd. publicado em 2008<sup>10</sup> mostra que o setor químico é o que ocupa hoje a maior parcela desse mercado (53%), seguido pelos semicondutores (34%). Setores como farmacêutico, automotivo e defesa representam pequenas parcelas do mercado global de nanotecnologia (de 1 a 7%). Estima-se que o mercado de US\$ 1 trilhão, como preconizado pelo estudo da The Royal Society,<sup>11</sup> será atingido em 2013, caso os segmentos de semicondutores e eletrônicos



sejam inclusos. No caso de exclusão desses segmentos, o mercado de US\$ 1 trilhão somente será atingido por volta de 2015.

Grande parcela do crescimento do mercado de nanotecnologia não provém da produção de nanomateriais básicos, mas sim da capacidade de alguns segmentos, como farmacêutico e semicondutores, de transformar os nanomateriais básicos em produtos de alto valor agregado. Vale ressaltar também que os valores estimados de mercado não se referem apenas às nanotecnologias incorporadas aos produtos finais, mas sim aos valores dos produtos como um todo. Para exemplificar: um décimo de grama de um determinado nanomaterial que custa US\$ 0,01 pode ser incluso em um medicamento que custa US\$ 100 a dose.

A distribuição do mercado mundial de nanotecnologia por setor de atividade, projetada para 2012, conforme estudo da Cientifica Ltd. publicado em 2008,<sup>12</sup> indica que o mercado será dominado por semicondutores, mas surgirão novas aplicações baseadas em nanotecnologias para os segmentos farmacêutico e de saúde, alimentos e outros bens de consumo, devido à estabilidade da cadeia de suprimento dos nanomateriais.

Informações de mercado referentes aos temas de nanotecnologia – objeto do “Estudo Prospectivo da INI-Nanotecnologia” – integram o documento “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil”, e serviram de suporte às análises prospectivas, mais especificamente à sustentação das opiniões sobre posições dos tópicos associados aos temas, nos respectivos mapas tecnológicos e estratégicos.

## **Mercado de nanotecnologia no Brasil**

A oferta de produtos, processos e serviços ligados à nanotecnologia no Brasil não vem acompanhando os indicadores da produção científica, que foram reportados na seção anterior e que, segundo os quais, o país

se encontra hoje na 25ª posição do *ranking* mundial, de acordo com os critérios adotados no estudo da Science-Metrix.<sup>13</sup> Considerando-se todos os componentes da cadeia de valor, observa-se um reduzido número de empresas que incorporam nanotecnologias em seus produtos ou processos ou que fabricam nanomateriais, nanointermediários ou nanoferramentas. Esse fato tem forte relação com a posição pouco expressiva do Brasil em relação ao seu *portfolio* de patentes em nanotecnologia, principalmente quando comparado a países como China, Taiwan, Coreia e Índia.

As pesquisas que estão sendo desenvolvidas no país indicam que as oportunidades de negócio em nanotecnologia tendem a surgir primeiramente nos mercados de cosméticos, produtos provenientes da indústria química (catalisadores, tintas, revestimentos) e petroquímica, plásticos, borrachas e ligas metálicas, conforme as conclusões de estudo do MCT.<sup>14</sup>

O Brasil não possui ainda uma base de dados sistematizada sobre o mercado dos produtos, processos e serviços baseados em nanotecnologia.<sup>15</sup> É oportuno conceber tal sistemática considerando a cadeia de valor da nanotecnologia e seus componentes, alternativamente aos métodos convencionais de estudos de mercado. Pela cadeia de valor, é possível identificar quais empresas estão investindo em P&D para aplicações nanotecnológicas nas suas áreas de atuação no Brasil e qual a previsão das futuras margens operacionais.

Para finalizar esta seção, apresenta-se uma relação dos produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil, conforme divulgado pelo MCT em 2007, e respectivas empresas.



**Quadro RE-1. Produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil**

<b>Produto</b>	<b>Empresa</b>
Língua Eletrônica	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Grafite	Faber Castell
n-Domp	Ponto Quântico
Biphor	Bunge
Prótese Arterial	Nano Endoluminal
True Life Silpure	Diklatex
Secador de cabelos	Nanox/TAIFF
Sistema de liberação controlada de drogas	Nanocore
Taubarez T 940	Indústrias Químicas de Taubaté
Revestimentos	Nanox Tecnologia S.A.
Vitactive nanoserum antissinais	O Boticário
CVdntus	CVD
Nanocompósitos de polipropileno e polietileno	Braskem

Fonte: MCT (2007).

Complementarmente, na seção deste documento dedicada a investimentos, apresentam-se as empresas e os respectivos projetos apoiados por seis editais no Brasil, no período 2004-2007. Essas informações vêm complementar a relação de empresas e produtos do Quadro RE-1 e são de grande valia na perspectiva de mercados potenciais, pois apontam para os futuros produtos e processos baseados em nanotecnologia de empresas brasileiras e permitem estimar a entrada desses produtos e processos em seus respectivos mercados.

### **Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil**

Descreve-se nesta seção o quadro atual no Brasil em relação às dimensões da INI-Nanotecnologia, compreendendo dados e informa-

ções sobre recursos humanos, infraestrutura, investimentos e aspectos mercadológicos, marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade.

## Recursos humanos

Apresenta-se, inicialmente, a situação atual dos grupos de pesquisa de nanociência e nanotecnologia no Brasil, baseada em pesquisa realizada pelo CGEE em dezembro de 2008, compreendendo consulta a duas bases de dados: a *ISI Web of Science*<sup>16</sup> e o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.<sup>17</sup> A consulta à base *ISI Web of Knowledge* teve como objetivo identificar: (i) o número de pesquisadores brasileiros que publicaram trabalhos em nanociência e nanotecnologia, registrados nessa base no período de 2005 a 2008; (ii) as principais instituições brasileiras às quais esses autores estão vinculados, tratando-se adequadamente os acrônimos; (iii) as principais áreas de especialização, segundo as quais os trabalhos foram indexados nessa base.

No período 2005-2008, foram identificados 833 artigos publicados por 2.242 pesquisadores brasileiros e 541 instituições às quais os pesquisadores estão vinculados. Destacam-se os dois últimos anos, com 256 artigos em 2008 e 248 em 2007, em um total de 833 artigos indexados na base consultada.

Dentre as competências brasileiras identificadas na base *Web of Science*, em função dos termos-chave utilizados na busca, destacam-se aquelas voltadas para o estudo de nanopartículas e nanotubos, expressas pelo número de artigos publicados por autores brasileiros e indexados na base pesquisada (218 e 213 artigos). Em uma segunda faixa, que varia de 123 a 103 artigos indexados, situam-se os termos nanocristais, nanoestruturas e *quantum dots*. A terceira faixa compreende os termos nanocompósitos, nanofios, fulereno, fios quânticos e nanofibras.





Na sequência, apresentam-se as principais instituições brasileiras às quais esses autores estão vinculados, considerando-se um número de artigos maior ou igual a dez ocorrências por instituição e tratando-se adequadamente os acrônimos. A análise revelou que 68% dos 833 artigos de autores brasileiros indexados na base *Web of Science* vinculam-se a instituições localizadas no estado de São Paulo: USP (204 artigos); Unicamp (138 artigos); Ufscar (87 artigos); Unesp (67 artigos); LNLS (44 artigos); UFABC (14 artigos) e Inpe (13 artigos). Merecem, ainda, destaque: UFMG, UFRGS, UFRJ, UFCE e UFPE, com 85, 63, 54, 46 e 40 artigos indexados, respectivamente.

Complementarmente, buscou-se identificar por meio de pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil:<sup>18</sup> (i) o número de grupos de pesquisa e de pesquisadores atuantes em N&N e respectivas áreas principais de conhecimento (AP), segundo classificação da Plataforma Lattes; (ii) instituições brasileiras às quais esses grupos estão vinculados; (iii) distribuição geográfica dos grupos de pesquisa. Da mesma forma que no procedimento anterior, procurou-se construir as estratégias de busca, adotando os termos-chave do estudo anterior de mapeamento da competência nacional em N&N, acrescentando-se, porém, alguns novos termos, devido à atualização da própria base de dados e à aderência aos temas abordados no presente estudo prospectivo.<sup>19</sup>

Como resultados gerais, foram identificados 3.502 pesquisadores, 469 grupos de pesquisa distintos em N&N, atuantes em 24 Unidades da Federação e em 104 instituições acadêmicas e de pesquisa.<sup>20</sup> É importante levar em consideração que o mesmo pesquisador pode atuar em mais de um grupo de pesquisa, o que explica em parte a diferença entre os resultados obtidos junto à base internacional e às brasileiras. Os resultados diferentes sugerem também que o Brasil já possui uma atividade significativa em N&N, mas somente nos últimos três anos ela vem se consubstanciando em termos de publicações em periódicos indexados na *ISI Web of Science*.

A pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq, permitiu identificar 469 grupos certificados que declararam ser atuantes nas áreas de nanociência e nanotecnologia. Nesses grupos, foram identificados 3.502 pesquisadores, cuja distribuição por termo de busca indicou que um número bastante significativo de pesquisadores investigam nanopartículas (1.040 pesquisadores), nanoestruturas (832), materiais nanoestruturados (719), nanocompósitos (581), nanomateriais (448), nanotubos (445), nanofibras (121) nanofios (97) e nanoesferas (63). Os demais termos de busca, como nanobiotecnologia, nanofotônica, nanoeletrônica, spintrônica e optoeletrônica encontram-se em uma segunda faixa de concentração, que varia de 245 a 70 pesquisadores.

Do conjunto de 104 instituições identificadas, a Universidade de São Paulo (USP) é a instituição com o maior número de grupos de pesquisa cadastrados na Plataforma Lattes e relacionados com os termos-chave de busca empregados pelo CGEE. Seu valor é quase o dobro da segunda colocada, a Universidade Federal de Minas Gerais. Na faixa de até 20 grupos, além das duas primeiras posições, situam-se a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Unicamp, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Unesp e a Universidade Federal de Pernambuco. A análise da distribuição geográfica da competência nacional em N&N ressalta a posição de liderança do estado de São Paulo, que concentra 144 grupos, seguido dos estados do Rio de Janeiro (61 grupos), de Minas Gerais (54 grupos) e do Rio Grande do Sul (46 grupos).

### Infraestrutura

Do ponto de vista de infraestrutura física, não há ainda um inventário dos equipamentos de médio e grande porte adquiridos nesse período, para uso em sistemas de nanocaracterização. No aspecto de estruturas políticas que apoiam a inovação em nanotecnologia, podemos identificar e elencar um conjunto de órgãos de fomento e



programas, que começam a promover editais com regularidade, tanto para a pesquisa acadêmica, como para a inovação tecnológica e o desenvolvimento de produtos.

Para consolidar um sistema de apoio industrial em nanotecnologia, será necessário ao país dispor de um inventário dos principais equipamentos disponíveis, bem como de um portal apontando todas as formas de apoio de fomento, proteção à propriedade intelectual, regulação de negócios, promoção de colaboração entre *stakeholders*, entre outras ações.

O Brasil já possui um significativo parque instrumental, caracterizado por equipamentos de médio e grande porte, constituído pela ação direta do MCT (CBPF, LNLS) e por meio de vários programas federais e estaduais, como o PADCT, Pronex, Projetos Temáticos, Projetos de Equipamentos Multiusuários, Programas de Infraestrutura (inclusive o CTInfra) e os Institutos do Milênio. Como será discutido no item “Investimentos” desta seção, os recursos usados na aquisição destes foram resultado de financiamento de agências federais e, muitas vezes, de Fundações Estaduais de Apoio à Pesquisa, especialmente as dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

De uma forma geral, os principais equipamentos usados na caracterização de nanomateriais são os microscópios eletrônicos de transmissão, microscópios eletrônicos de varredura, microscópios de força atômica, sistemas para nanolitografia etc. Há pelo menos 10 instituições públicas equipadas com esses equipamentos, sendo utilizadas principalmente para pesquisa básica. As nanotecnologias constituem um conjunto diversificado de tecnologias que necessita de instrumentação avançada, desde o nível dos laboratórios de grupos até as grandes facilidades nacionais. Torna-se evidente a necessidade de equipamentos no estado-da-arte, para que as atividades de P&D e de nanometrologia realizados no Brasil logrem êxito e possam prover uma base sustentável para o

desenvolvimento industrial. A manutenção desses equipamentos e sua atualização visando a incrementar sua utilização em condições mais adequadas e competitivas devem ser objeto de linhas de ação da Agenda INI-Nanotecnologia. A aplicação de recursos nessa perspectiva poderá gerar, já no curto prazo, impactos positivos e significativos sobre as comunidades-alvo, acadêmica e industrial.

Analogamente, torna-se imprescindível a alocação de recursos para que equipamentos de grande porte possam ser disponibilizados para a comunidade, inclusive por meio de operação semi ou totalmente remota, utilizando os recursos da internet rápida. Hoje, já podem ser contabilizadas experiências no país que demonstram ser essa possibilidade factível, sendo a maior barreira de natureza cultural. A continuidade de esforços nessa direção também deverá ser objeto de proposição de ações da Agenda INI-Nanotecnologia.

Finalmente, cabe destacar que, para o funcionamento consistente da infraestrutura adequada ao desenvolvimento e comercialização de produtos e processos baseados em nanotecnologias, é fundamental a formação e o treinamento de técnicos de nível superior para operação dos equipamentos complexos, manutenção preditiva e preventiva e, eventualmente, gerenciamento das atividades de instrumentação e controle da produção. Há falta de técnicos de nível superior e médio qualificados, capazes de fazer funcionar equipamentos e instrumentos de grande porte e complexidade, já adquiridos ou de aquisição futura. É essencial que o país possa contar com a atuação de profissionais capacitados para: (i) desenvolver instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala, capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos; (ii) desenvolver protocolos para testes de bio e ecotoxicidade; (iii) desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos; (iv) desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da na-



notecnologia; e (v) desenvolver protocolos para controle e destruição de nanopartículas e entidades em nanoescala.

## Investimentos e aspectos de mercado

Desde o ano de 2000, o governo brasileiro vem empreendendo esforços para a definição de um programa para o desenvolvimento e a disseminação das nanociências e da nanotecnologia. O governo brasileiro entre 2000 e 2007, investiu por meio de suas universidades e centros de pesquisa R\$ 160 milhões na pesquisa da nanotecnologia. Somando os investimentos do setor privado, estima-se um total de R\$ 320 milhões no período.<sup>21</sup>

Os recursos, ainda que modestos comparados com investimentos feitos em outros países e mesmo no Brasil nos últimos anos, permitiram que as redes se consolidassem.

Integram o documento “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil” um conjunto de informações detalhadas sobre os investimentos do governo brasileiro entre 2000 e 2007. Apresentam-se, neste resumo, a título de ilustração, as empresas que receberam apoio por editais no período 2004-2007.

No total, foram seis editais que apoiaram 72 projetos de 51 empresas. Do conjunto de empresas, quatro receberam apoio em vários projetos, porém por um único edital. São elas: Angelus Indústria de Produtos (2 projetos); Arteccla Indústrias Químicas (2 projetos); Cristália Produtos Químicos (2 projetos) e Oxiteno S.A. (5 projetos). Seis empresas tiveram seus projetos apoiados por mais de um edital, como os casos de: Biolab Sanus Farmacêutica Ltda. (6 projetos, 3 editais); Braskem S.A. (4 projetos, 4 editais); FGM Produtos Odontológicos (2 projetos, 2 editais); Indústrias Químicas Taubaté S.A. (3 projetos, 2 editais); Petrobras (3 projetos, 2

editais) e Suzano Petroquímica S.A. (2 projetos, 2 editais). As demais 41 empresas tiveram somente um projeto apoiado por um dos seis editais.

## Marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade

Ao lado do crescimento esperado de novos produtos e tecnologias baseados em N&N, crescem, também, as preocupações sobre os riscos que elas podem provocar, particularmente aos trabalhadores, pela maior exposição a que são submetidos em seus ambientes operacionais. Os impactos nocivos e riscos potenciais à saúde humana e animal, ao meio ambiente e até em relação ao comportamento humano são ainda pouco conhecidos.

Precisamente por essas e outras questões, iniciativas de normalização e de regulamentação no contexto das nanotecnologias ganham importância a cada dia, na perspectiva de assegurar à sociedade que seu desenvolvimento industrial seja conduzido no futuro segundo um marco seguro, responsável e sustentável. Antes de apresentar as principais questões sobre as iniciativas em curso no Brasil relativas às duas dimensões da INI-Nanotecnologia em foco nesta seção, apresentam-se trabalhos e iniciativas internacionais relevantes, destacando-se especialmente:

- a normalização internacional pelo Comitê Técnico ISO/TC 229 – Nanotecnologias;
- os trabalhos do Grupo sobre Nanomateriais da OECD, criado em 2006;
- a proposição do código voluntário “Responsible Nanocode” pela Royal Society, Insight Investment e Nanotechnology Industries Association (NIA) no Reino Unido, em 2008;
- o lançamento do programa marco de nanoriscos intitulado “Nano Risk Framework”, fruto de um esforço conjunto do Environmental Defense Fund dos EUA e da empresa DuPont em 2007.



O Comitê Técnico ISO/TC 229 foi criado em novembro de 2005 e, inicialmente, seus trabalhos foram organizados segundo três eixos, cada um mediante seu respectivo grupo de trabalho: (i) WG1 – “Terminologia e Nomenclatura”; (ii) WG2 – “Medição e Caracterização”; (iii) WG3 – “Saúde, Segurança e Meio ambiente”. Mais recentemente, foi ampliada a atuação do Comitê com a inclusão de um novo eixo, constituindo-se na ocasião o quarto grupo de trabalho: WG 4 – “Especificações de Materiais”.

Na sequência, aborda-se a iniciativa do Grupo de Trabalho sobre Nanomateriais Manufaturados, criado em 2006 pela OECD (Organization for Economic Co-operation and Development).<sup>22</sup> Esse grupo tem por objetivo auxiliar os países membros a se manifestar frente ao desafio que constitui a segurança dos nanomateriais.

Como parte integrante do Programa de Química da OECD, o Programa de Ensaio sobre Segurança de Nanomateriais Manufaturados tem como foco o estudo das implicações do uso de nanomateriais para a saúde humana e a segurança do ambiente, com ênfase em métodos de avaliação de riscos e ensaios. O Programa consiste em submeter a testes de segurança materiais já em uso, tais como os chamados “fulerenos” ou “*buckyballs*” (uma forma particular de carbono), os nanotubos de carbono e o dióxido de cério. Em um futuro próximo, outros nanomateriais virão se juntar a essa lista. Os nanomateriais serão submetidos a testes visando determinar: (i) suas propriedades físico-químicas; (ii) seu potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente; (iii) sua toxicidade ambiental; e (iv) sua toxicidade com relação aos mamíferos. O Grupo de Trabalho da OECD sobre nanomateriais manufaturados gerencia esse Programa no âmbito de suas atividades sobre nanomateriais. Dois relatórios substanciais descrevendo os esforços dos governos e de outros atores interessados por essas questões de segurança foram publicados recentemente pela OECD.

A seguir, apresenta-se uma visão geral e os antecedentes da proposição do “Nano Risk Framework”, fruto de um esforço conjunto do Environmental Defense Fund dos EUA e a empresa DuPont. Essa parceria em nanotecnologia foi anunciada em setembro de 2005, como objetivo de desenvolver um processo sistemático e disciplinado para avaliar e tratar os riscos à segurança, à saúde e ao ambiente dos nanomateriais em vários estágios do ciclo de vida dos produtos – da origem à manufatura, uso, reciclagem ou descarte. O “Nano Risk Framework” resultante, lançado em 21 de junho de 2007, apresenta um processo completo e aplicável de seis etapas, para que as organizações possam identificar, avaliar e gerenciar potenciais riscos.<sup>23</sup> Ele foi desenvolvido com o objetivo de apoiar o desenvolvimento responsável e o uso da nanotecnologia e colaborar com o diálogo global, informando sobre seus potenciais riscos. Desde então, já foram registrados mais de três mil *downloads* do documento por visitantes de quase cem países em todo o mundo.

A quarta iniciativa em destaque nesta seção refere-se ao código voluntário denominado “Responsible NanoCode”, redigido por um Grupo de Trabalho estabelecido pela Royal Society, com a Insight Investment, a Nanotechnology Industries Association e a Nanotechnology KTN. O objetivo do código é estabelecer um consenso internacional sobre as boas práticas e indicar às organizações e às empresas o que podem fazer para demonstrar que geram, de modo responsável, as nanotecnologias, durante o período de avaliação de eventuais regulamentações complementares. Essa iniciativa começou em novembro de 2006, no Reino Unido, ocasião em que a Royal Society, a empresa Insight Investment e a Nanotechnology Industries Association (NIA) exploraram juntas os impactos econômicos e sociais de incertezas técnicas, sociais e econômicas ligadas às nanotecnologias.

Cabe destacar, ainda, que o financiamento para a pesquisa sobre segurança das nanotecnologias na Comunidade Europeia foi ampliado den-





tro do escopo do sétimo Programa-Quadro da União Europeia (7º PC), enfatizando os dados quantitativos em (eco) toxicologia, bem como sobre o desenvolvimento de testes nano específicos, a exposição e métodos de avaliação de riscos e as metodologias de análise do ciclo da vida. O 7º PC tornou-se a fonte de financiamento público mais vasta do mundo em matéria de nanotecnologia, com um orçamento total de 3,5 bilhões de euros, ou seja, cerca de 9,1 bilhões de reais.<sup>24</sup>

Os números do governo americano e os resultados da avaliação do Project on Emerging Nanotechnologies (PEN) mostram que menos de 3% dos 1,4 bilhões de dólares do orçamento federal para a pesquisa em nanotecnologia nos EUA foram destinados à pesquisa sobre o meio ambiente, saúde e segurança. Não obstante, um projeto de lei foi formulado, que modificará a estratégia da Iniciativa NNI, a fim de assegurar que um mínimo de 10% dos fundos (150 milhões de dólares) seja destinado à pesquisa sobre os riscos.<sup>25</sup>

No nível nacional, destacam-se as seguintes iniciativas:

- a criação da Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia ABNT/CEE-89;
- a formação da Rede Renanosoma apoiada pelo CNPq e Fapesp e o projeto engajamento público em nanotecnologia;
- a atuação do grupo de pesquisa “Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento”, da UFPR.

A Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia foi criada pela ABNT em 2007, logo depois dessa instituição ter participado de uma reunião plenária do Comitê Técnico ISO/TC 229 – Nanotecnologias, organizada pela International Organization for Standardization (ISO). Na ocasião, foram colhidos subsídios para os trabalhos da comissão brasileira, cuja atuação, por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia, seria de um comitê-espelho em total sintonia com o processo de normalização

internacional nesse campo. Como resultado dessa participação da ABNT, o Brasil enviou comentários ao ISO/TMB sobre o Plano de Ação do Comitê, propondo ajustes na sua estruturação, e a instituição brasileira foi convidada a ser a anfitriã da Reunião Plenária do Comitê Técnico ISO/TC 229 em 2010.

Como comitê-espelho do ISO/TC 229, a Comissão brasileira poderá assegurar a participação do Brasil naquele fórum e reunir importantes subsídios para a elaboração de normas de que o país necessita para a aplicação industrial responsável de nanotecnologias. Nessa condição, o escopo de atuação da Comissão brasileira é o mesmo enunciado pelo ISO/TC 229. Para participar da Comissão, a ABNT convidou empresas, representantes do governo e de algumas das mais importantes universidades do país, mas, infelizmente, os trabalhos não têm avançado conforme as expectativas da instituição. A ABNT é membro participante do Comitê da ISO e tem sido forçada a votar sempre por abstenção, lamentavelmente.<sup>26</sup>

## Considerações finais

A nanotecnologia tem atraído grande interesse em diversos setores industriais e acadêmicos, devido aos benefícios e à diversificação que podem ser alcançados no desenvolvimento tecnológico e econômico. Nos últimos 20 anos, tornou-se possível não apenas a visualização, mas também a manipulação direta de átomos e moléculas. Com isso, tanto a nanociência quanto a nanotecnologia, ou seja, a investigação da natureza e o desenvolvimento de aplicações na escala do nanômetro (o bilionésimo de metro), tornaram-se factíveis. Sendo antes uma questão de domínio de uma dimensão espacial do que o avanço do conhecimento em uma área específica, a nanociência e a nanotecnologia (N&N), em sua convergência com áreas como a biotecnologia, materiais e instrumentação, por exemplo, têm dado origem, desde já, a novos processos industriais e novos produtos, com o surgimento de novas indústrias e novos mercados.



O grande diferencial desses materiais é potencializar propriedades físicas e químicas em concentrações extremamente reduzidas e conferir características antes não apresentadas por um dado produto. Esse alcance de propriedades se deve basicamente ao fato de tais estruturas possuírem dimensões nanométricas, que resultam em uma área superficial elevada, maior grau de dispersão e funcionalidades que são dependentes do tamanho da estrutura. Atualmente, em países mais desenvolvidos, são altos os investimentos e programas em nanotecnologia, considerada uma das principais áreas de fomento à P&D&I, ao lado da biotecnologia, tecnologias da informação e comunicação (TIC) e meio ambiente. Todos os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade, com alvos bem definidos e compatíveis com as características industriais do país.

De fato, cresce, a cada dia, o número de nanoestruturas, devido à redução das dimensões de estruturas maiores ou à formação de estruturas supramoleculares bem definidas e de alta complexidade, capazes de desempenhar funções igualmente complexas, como indicam dados sobre o mercado global para as aplicações de nanotecnologia. Conforme estudo recente da BCC Research, o mercado global de nanotecnologia atingiu patamares da ordem de US\$ 11,6 bilhões em 2007 e de US\$ 12,7 bilhões em 2008. Estima-se que, em 2013, o mercado alcance cifras da ordem de US\$ 27 bilhões, baseando-se em uma taxa de crescimento anual média de 16,3%.

Com relação ao mercado brasileiro, estima-se que a introdução no mercado de alguns resultados dos esforços de P&D em N&N no país poderão ocorrer dentro de poucos anos, mas em outros casos serão mais remotos. Algumas atividades como a nanofabricação, apesar de apresentarem grandes perspectivas de geração de produtos e aplicações, estão atualmente limitadas ao meio acadêmico, em algumas universidades e centros de pesquisa que realizam pesquisa e desenvolvimento de técni-

cas de fabricação, análise e aplicações em dispositivos eletrônicos, sensores, peneiras, canais para fluídica e membranas. O levantamento no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil confirma que há somente quatro grupos de pesquisa nessa área, a saber: “Tecnologias de micro e nanofabricação” da Unicamp (SP); “Nanofabricação” do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ); Laboratório de Nanociência e Nanofabricação da USP (SP) e Laboratório de Microanálises do Consórcio Física-Geologia Química da UFMG (MG).

No setor de energia, o Brasil favorece-se de sua extensão territorial, por possuir recursos como luz solar intensa em grande parte de seu território e uma comunidade científica atuando há vários anos na área de desenvolvimento de novos materiais e dispositivos. Prevê-se que o país poderá atuar e competir fortemente nesse setor no mercado internacional, empregando os nanofibras, nanotubos de carbono e outros inorgânicos nos dispositivos funcionais de geração, armazenamento e transporte de energia. Tais dispositivos representam uma alternativa ambientalmente correta para o setor de energia, em especial para o segmento de combustíveis baseados em fontes renováveis e que não envolvem geração de subprodutos, além de corrente elétrica e calor.

Três outros mercados, nos quais o Brasil tem interesse estratégico, são: produtos farmacêuticos, químicos e cosméticos, seja pelas dimensões e demanda de seu mercado interno (setor quimiofarmacêutico), seja pela existência de grandes grupos empresariais nacionais (setores químico e de petróleo e gás natural) ou ainda pela sua megabiodiversidade (setores farmacêutico e de higiene e cosméticos). Nesses mercados, a N&N pode contribuir com importantes inovações a serem incorporadas durante as próximas décadas.

Outra área de grande relevância para o Brasil refere-se às agroindústrias. O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecno-



lógicos nesse campo é vasto, cobrindo desde materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas, com menor impacto ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto.

Com relação à nanobiotecnologia, em geral, prevê-se que o Brasil possa ocupar no médio prazo uma posição competitiva bastante favorável em tópicos específicos, como as já citadas aplicações em agricultura; imageamento molecular e materiais nanoestruturados biocompatíveis para aplicações em diversos campos da medicina.

Deve-se notar, porém, que os produtos nanotecnológicos não se limitam à gama dos chamados produtos de alta tecnologia, mas compreendem todos aqueles em que novas propriedades estão associadas aos materiais com dimensões críticas que se situam na faixa de dezenas de nanômetros. Assim, no Brasil já são hoje comercializados produtos de uso cotidiano, como por exemplo, tecidos resistentes a manchas, protetores solares, vidros autolimpantes e vários tipos de revestimentos baseados em processos nanotecnológicos. Essa característica tem significado especial para os países em desenvolvimento, ao contrário da revolução da microeletrônica, na qual os países em desenvolvimento podiam contemplar a possibilidade de exportar *commodities* e importar computadores e celulares.

Prevê-se que a nanotecnologia estará presente mesmo nas indústrias mais tradicionais, tornando processos de produção mais baratos, menos agressivos ao meio ambiente e de menor consumo de energia, além de oferecer produtos mais funcionais e de maior valor agregado. Por outro lado, o alto grau de inovação associado a futuras mudanças em produtos e processos industriais geradas pelo avanço das nanotecnologias emergentes poderá causar a obsolescência de diversos produtos e processos

que hoje estão em uso. Como área portadora de futuro, espera-se que a nanotecnologia contribua de forma significativa para o desenvolvimento industrial do Brasil, o que significa avaliar e antecipar sua participação futura em todos os estágios da cadeia de valor, conforme definição da Lux Research. Tais contribuições vão desde inovações radicais em áreas emergentes do conhecimento, abrindo-se espaços para um posicionamento futuro de destaque para o país, até inovações incrementais voltadas para setores tradicionais da indústria brasileira, tornando-os mais sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Frente ao largo espectro de oportunidades e desafios e em consonância às metas estabelecidas no Programa Mobilizador em Nanotecnologia que integra a Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, por solicitação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, desenvolveu o estudo do “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil” com o objetivo de fornecer uma visão da cena atual em termos das seis dimensões da INI-Nanotecnologia – considerada fundamental como marco inicial para as análises que integram o “Estudo Prospectivo da INI-Nanotecnologia”.

## Notas

- <sup>1</sup> SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, p 185.
- <sup>2</sup> SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, pp. 131-149.
- <sup>3</sup> RNCOS (2008). **Nanotechnology Market Forecast till 2011**. Delhi: RNCOS E-Services Pvt Ltd. Apr 2008. 139 p.
- <sup>4</sup> CIENTIFICA (2008). **The Nanotechnology Opportunity Report**. Executive Summary. Third edition. June 2008. London: Cientifica Ltd. 49 p.
- <sup>5</sup> BCC Research (2008). **Nanotechnology: A Realistic Market Assessment**. Report ID: NANO31C. Wellesley, MA: BCC Research, May 2008. 254 p.
- <sup>6</sup> THE FREEDONIA GROUP (2007). **World Nanomaterials to 2011**. Study # 2215. Cleveland, OH: The Freedonia Group. Aug 2007, 473 p.
- <sup>7</sup> Para consulta aos trabalhos e teses nacionais em nanotecnologia, ver referências ao final deste documento.

- <sup>8</sup> LUX RESEARCH (2004). **Statement of Findings: Sizing Nanotechnology's Value Chain**. Executive summary, oct 2004. 31 p.
- <sup>9</sup> CIENTIFICA (2008). **The Nanotechnology Opportunity Report**. Executive Summary. Third edition. June 2008. London: Cientifica Ltd., 49 p.
- <sup>10</sup> CIENTIFICA (2008). **The Nanotechnology Opportunity Report**. Executive Summary. Third edition. London: Cientifica Ltd., jun, 2008, 49 p.
- <sup>11</sup> THE Royal Society and the Royal Academy of Engineering, **Nanoscience and nanotechnologies:opportunities and uncertainties**, London, July 2004, pp. 26-7. Disponível em: <<http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>>. Acesso em jul 2008.
- <sup>12</sup> CIENTIFICA (2007). **Half way to the trillion dollar market? A critical review of the diffusion of nanotechnologies**. London: Cientifica Ltd., 10 p.
- <sup>13</sup> SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, 185 p.
- <sup>14</sup> MCT (2007). **Iniciativas do MCT em nanotecnologia**. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. SETEC e Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias – CGNT. 2007. Ministério da Ciência e Tecnologia.
- <sup>15</sup> MARQUES, R. Vaz, A. **Briefing da Nanotecnologia no Brasil**. ABDI. CGEE. Mimeo. Brasília, 27 jul 2007.
- <sup>16</sup> THOMPSON SCIENTIFIC INFORMATION. **ISI Web of Science**. Disponível em: <<http://go5.isiknowledge.com>>. Acesso em: dez 2008.
- <sup>17</sup> CNPQ (2008). **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br>>. Acesso em dez 2008.
- <sup>18</sup> CNPQ (2008). **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br>>. Acesso em dez 2008.
- <sup>19</sup> Os termos utilizados foram: nanociência, nanotecnologia, nanofios, nanopartículas, nanoestruturas, nanocompósitos, nanobiotecnologia/ bionanotecnologia, nanomateriais, nanotubos, nanoesferas, nanocristais, nanofabricação, nanoindentação, nanofibras, nanofotônica, nanoeletrônica, materiais nanoestruturados, optoeletrônica, spintrônica, fulerenos, *quantum dots*, fios quânticos e NEMS.
- <sup>20</sup> Anexo III do documento CGEE (2008). “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil”.
- <sup>21</sup> Declaração de Ronaldo de Castro Marchese, diretor da Nanotec, em 11 set 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/noticias>>. Acesso em dez 2008.
- <sup>22</sup> OECD. **Safety of Manufactured Nanomaterials**. Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN). Disponível em: <<http://www.oecd.org> >. Acesso em dez 2008.
- <sup>23</sup> O documento “Nano Risk Framework” encontra-se disponível em: <<http://www.NanoRiskFramework.com>>. Acesso em dez 2008.
- <sup>24</sup> LQES (2008). **Riscos potenciais ligados às nanotecnologias: financiamentos para pesquisa, Europa está na frente dos Estados Unidos**. Disponível em: [http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news). Acesso em dez 2008.
- <sup>25</sup> LQES (2008). Ibid.
- <sup>26</sup> COSTA, P. B. **Normalização como fator de agilização das informações nanotecnológicas**. Palestra proferida na Nanotec 2008 em São Paulo, novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.abnt.org>>. Acesso em dez 2008.

# 1. Introdução





A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, com o objetivo de subsidiar a Iniciativa Nacional de Inovação em Nanotecnologia – INI-Nanotecnologia divulgam conjuntamente esta versão do Resumo Executivo do “Panorama Nanotecnologia no Mundo e no Brasil”.

A percepção de que a nanotecnologia e a nanociência (N&N) representam um novo patamar de conhecimento, com imensos e ainda não devidamente mensurados impactos científicos e econômicos, levou os países líderes, como os EUA, o Japão e os da Comunidade Europeia, a desenhar iniciativas nacionais ou regionais de incentivo e de financiamento privilegiado para a área, visando a novos patamares de competitividade de suas empresas. Com financiamentos mais modestos, vários países em desenvolvimento também descobriram o grande potencial da N&N e, em função disso, constituíram suas iniciativas nacionais que poderão reverter em significativas melhorias da qualidade de vida de suas populações. Como exemplos de bons focos podem ser citados agricultura, energia, preservação ambiental, saúde pública, entre tantos outros.

Nos últimos anos, o Brasil tem avançado consistentemente no desenvolvimento de ações de muita importância em Ciência, Tecnologia e Inovação (C&T&I), com resultados concretos na produção científica, tecnológica e formação de recursos humanos em áreas consideradas estratégicas, particularmente em determinados campos de nanotecnologia e nanociência (N&N). Nesse contexto, o “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil” consolida as informações oriundas de trabalhos de prospecção previamente realizados pelo CGEE e por instituições internacionais sobre nanotecnologia.

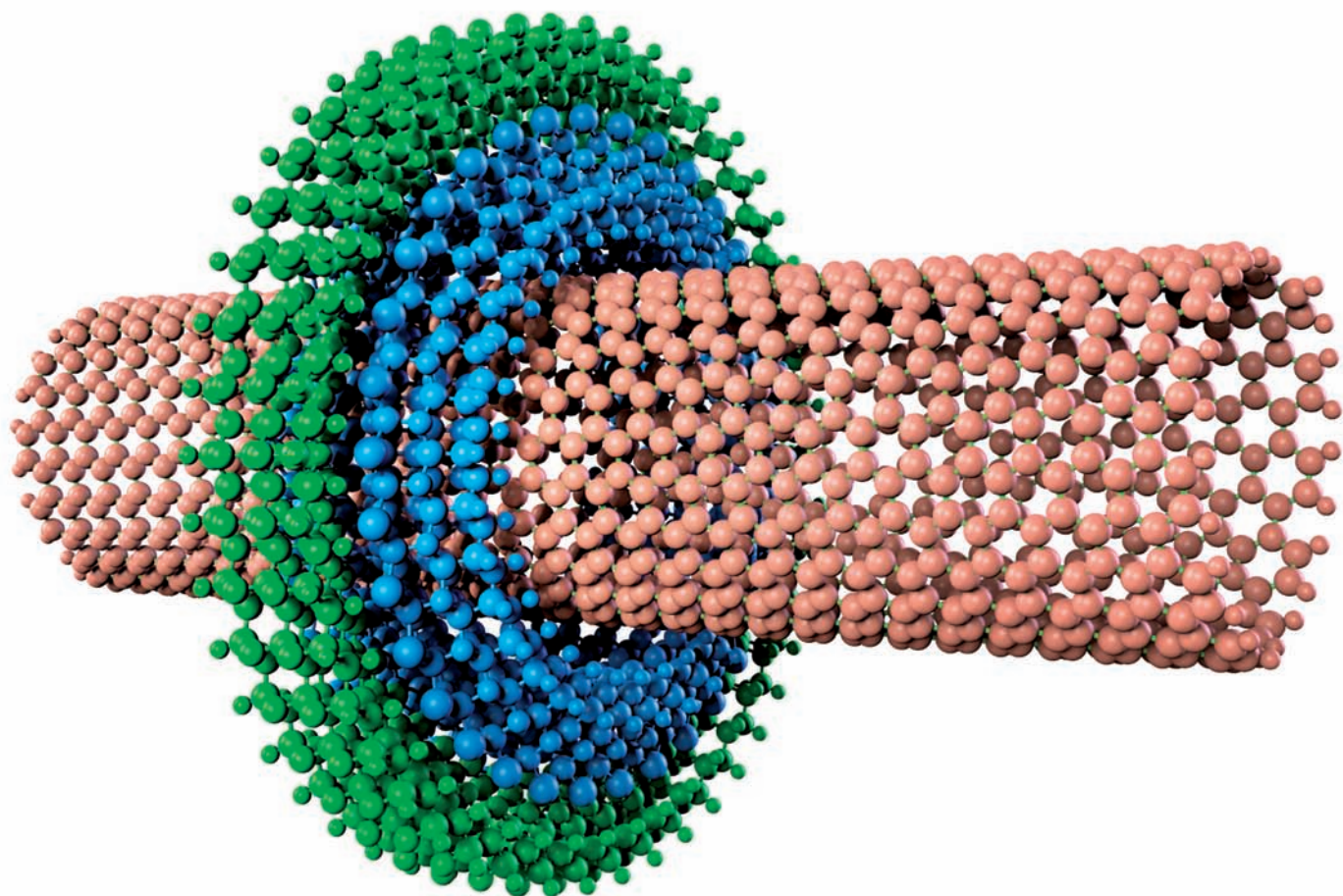
O Panorama está organizado em quatro seções, a saber: (i) produção científica; (ii) propriedade intelectual; (iii) mercado; e (iv) quadro da situação atual das dimensões da INI-Nanotecnologia no Brasil. Os conteúdos

das duas primeiras seções são baseados em um estudo bibliométrico recente, de cobertura internacional, realizado pela Science-Metrix,<sup>27</sup> contemplando os campos da nanociência e da nanotecnologia.

### Nota

<sup>27</sup> SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, 185 p.





## 2. Produção científica: 1996-2006

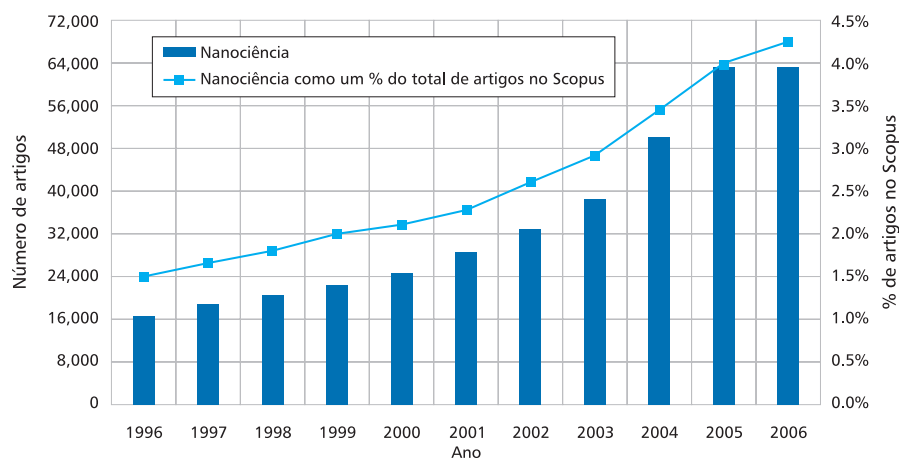
Nesta seção, descrevem-se os resultados do estudo bibliométrico publicado pela Science-Metrix em 2008, referente aos trabalhos científicos indexados na base de dados internacional Scopus no campo da nanociência, no período 1996-2006. Apresenta-se a produção científica mundial em nanociência, expressa em termos de: (i) número de trabalhos publicados em nanociência e percentual desta produção científica em relação ao número total de publicações indexadas na base Scopus, no período considerado; (ii) produção científica em nanociência em seus principais domínios; (iii) posição dos países líderes, expressa em termos do número dos trabalhos científicos do país, do seu grau de especialização (SI)<sup>28</sup> e de seu impacto científico (ARC)<sup>29</sup> em nanociência; e (iv) evolução da produção científica dos países líderes nesse campo, medido pelo grau de especialização (SI) do país e pelo impacto científico de seus trabalhos científicos (ARC) em nanociência, em relação à média mundial, em dois períodos: 1996-2001 e 2002-2006.

Ressalta-se, porém, que qualquer resultado de uma análise bibliométrica tem um caráter apenas indicativo, recomendando-se seu cruzamento posterior com outras informações e análises referentes aos temas pesquisados. Nesse sentido, cabe destacar que, apesar da base Scopus não incluir várias revistas importantes na área de nanociências e nanotecnologias, os dados utilizados no presente relatório consideram principalmente as tendências, em vez dos números absolutos da produção científica e classificação do Brasil no contexto internacional.

A Figura 2.1 ilustra a evolução da produção científica em nanociência ao longo do período de 1996 a 2006, medida em termos do número de trabalhos científicos publicados por ano. Os dados da produção científica em nanociência são apresentados em termos absolutos e como percentual do total de trabalhos científicos publicados e indexados anualmente naquela base de dados.

O número de trabalhos científicos em nanociência cresceu a uma taxa anual de 16% (CAGR) durante o período 1996-2005, o que significa dobrar, a cada 4,7 anos, mais que 4 vezes a taxa de crescimento da produção científica em todos os campos, medida pelo número total de publicações indexadas na base Scopus no mesmo período. Em termos relativos, os dados revelam que a presença de publicações em nanociência tem quase triplicado durante a última década (crescimento de 1,5% a 4,2%), confirmando-se que a nanociência, como campo de conhecimento, está se desenvolvendo muito mais rápido que o conhecimento científico nos demais campos.

**Figura 2.1** Número de trabalhos publicados em nanociência e percentual da produção científica em nanociência em relação ao total de publicações indexadas na base Scopus: 1996-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.19. Base de dados Scopus.

A Tabela 2.1 mostra o número de trabalhos científicos em cada tema da nanotecnologia e as respectivas taxas de crescimento anual. De acordo com a Tabela 1.1, o crescimento da produção científica em nanotecnologia tem sido mais rápido em NEMS, nanoenergia e nanoambiente. Esses temas, embora com menor produção científica em relação a nanomate-

riais, por exemplo, têm crescido muito rapidamente, dobrando o número de trabalhos científicos a cada 3 anos ou até menos. Nanomateriais e nanobiotecnologia experimentaram também altas taxas de crescimento anual, superiores ao crescimento da nanotecnologia como um todo, no mesmo período da análise. Essa tabela também fornece uma visão da importância de cada tema em relação à nanotecnologia, com destaque para nanomateriais, com 223.836 trabalhos publicados, seguidos por nanofotônica e nanoeletrônica, com 104.992 e 99.879 trabalhos científicos, respectivamente, em um total de 378.996 em nanotecnologia.

**Tabela 2.1** Crescimento da produção científica em nanotecnologia: 1996-2006

Tema	Produção científica (nº de artigos)	Crescimento anual (%)	Tempo em que dobra a produção científica (anos)
NEMS	6.609	35,5	2,3
Energia	11.963	31,1	2,6
Meio ambiente	3.729	25,9	3,05
Materiais	223.836	21,8	3,5
Medicina e Biologia	58.963	20,7	3,7
Metrologia	2.660	15,5	4,8
Ótica e fotônica	104.992	14,5	5,1
Eletrônica e Informática	99.879	12,8	5,8
Nanotecnologia	378.996	16	4,7
Mundo	14.086.635	3,9	18,1

Fonte: Science-Matrix (2008), p. 20. Base de dados Scopus.

A Figura 2.2 apresenta os países líderes em nanociência, sendo a posição de cada país expressa em termos do número de seus trabalhos científicos, seu grau de especialização (SI)<sup>30</sup> e seu impacto científico (ARC)<sup>31</sup>

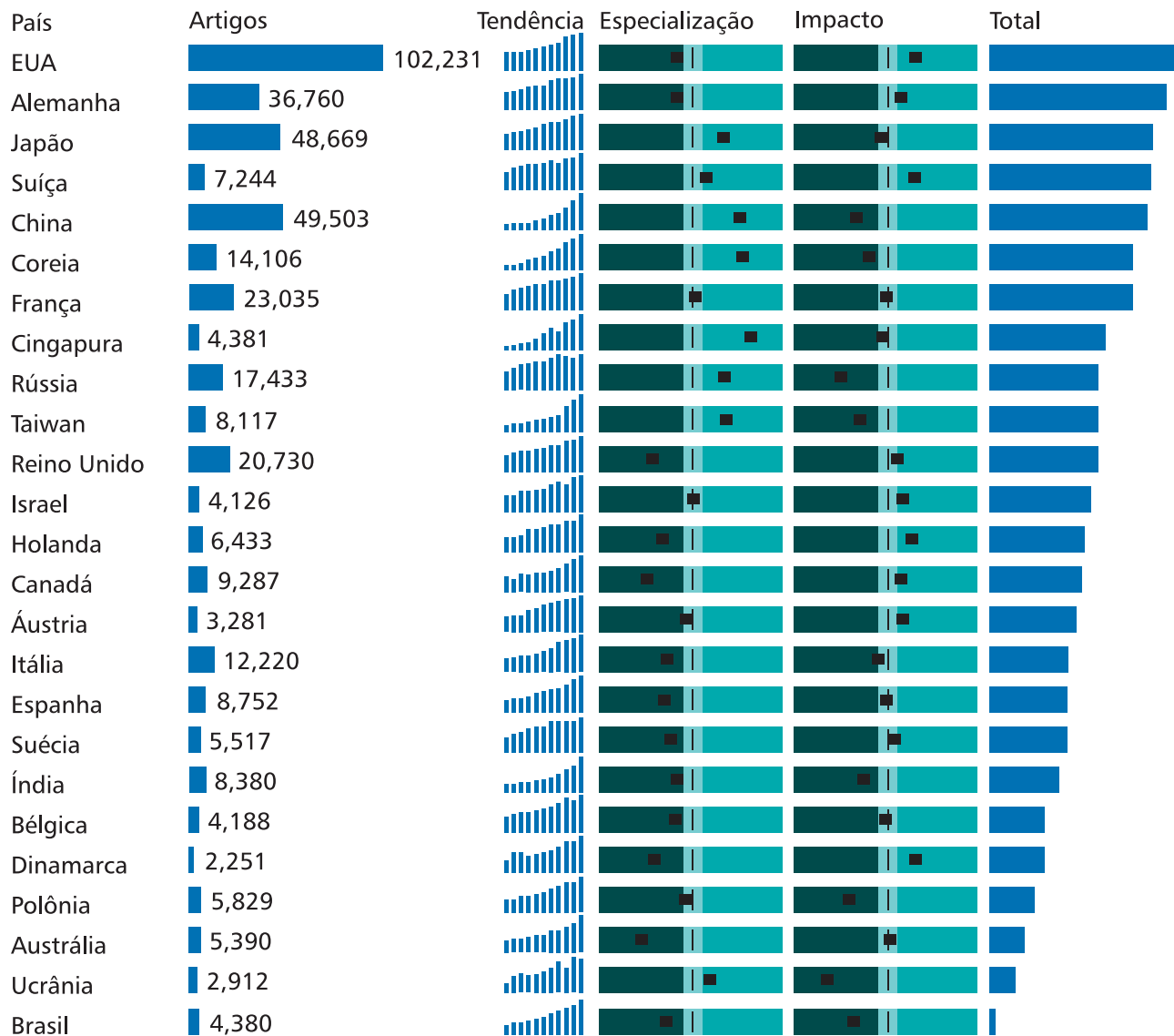
nesse campo. De acordo com a Figura 2.2, considerando-se um total de cerca de 379.000 trabalhos científicos em nanociência publicados desde 1996, os EUA vêm liderando com 102.000 trabalhos, respondendo por 27% da produção mundial. Entre os líderes, encontram-se o Japão e a Alemanha, com 13% e 10% da produção científica mundial, respectivamente. Em destaque, encontra-se a Suíça que, embora não tenha uma produção científica em nanociência tão expressiva quanto as dos países citados, aparece com o maior grau de impacto científico (ARC de 1,41), compartilhado com a Dinamarca e os EUA.

Os seis países que seguem no *ranking* ou possuem uma produção científica significativa em volume de trabalhos publicados em nanociência ou têm um alto grau de especialização.

Da Figura 2.2, emerge um resultado surpreendente com relação ao número de trabalhos científicos publicados no período 1996-2006: A China tem uma forte posição no *ranking*, com 49.500 trabalhos. De fato, a China publica mais trabalhos científicos que o Japão e é o segundo colocado logo após os EUA, com 49.503 trabalhos. A Figura 2.2 mostra ainda que há uma tendência clara de crescimento da produção científica da Coreia, China, Taiwan e Índia, com taxas de crescimento anual (CAGR) de 32%, 26%, 25%, respectivamente. O Brasil está entre os líderes da produção científica mundial em nanociência, ocupando a 25ª posição no *ranking* geral e a 20ª posição em termos do número de trabalhos científicos, com 4.358 trabalhos publicados e indexados na referida base, no período 1996-2006.



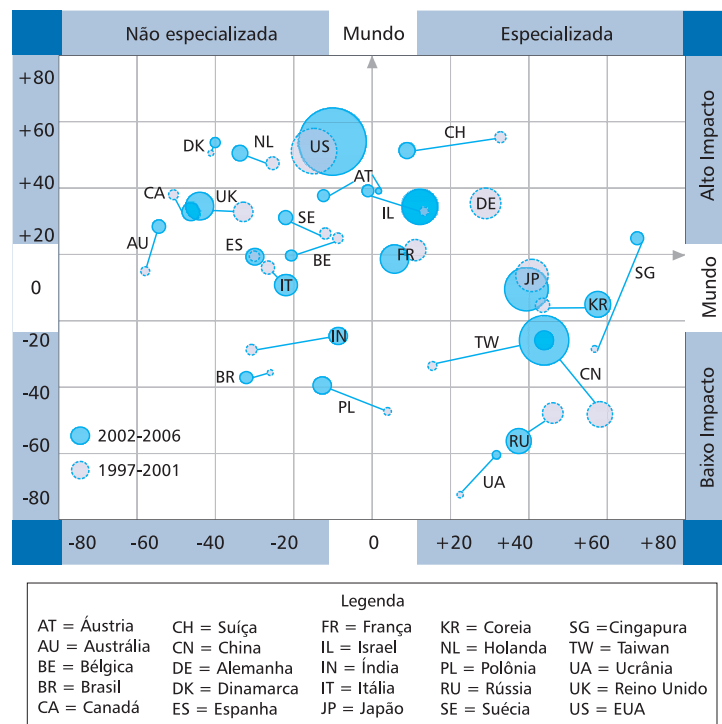


**Figura 2.2** Produção científica em nanociência: países líderes: 1996-2006


Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.21. Base de dados Scopus.

A Figura 2.3 apresenta a evolução do posicionamento dos países líderes em produção científica em nanociência, baseado no seu grau de especialização (SI) e no impacto científico de seus artigos publicados (ARC), bem como no número de trabalhos publicados em dois períodos: 1997-2001 e 2002-2006. Os dados são apresentados intencionalmente nesses dois períodos para mostrar melhor a evolução da produção científica dos países líderes em nanociência. Os EUA, que já apresentavam um impacto científico significativo de suas publicações nesse campo, têm publicado cada vez mais, embora sua intensidade em nanociência (SI) ainda está abaixo da média mundial.

**Figura 2.3** Produção científica em nanociência: impacto científico e grau de especialização de cada país em relação à média mundial: 1996-2001 e 2002-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.22. Base de dados Scopus.

Países como a Dinamarca, a Holanda e a Suíça têm uma produção científica em nanociência de alto impacto, quando comparados com os EUA. Vale ressaltar, porém, que a Holanda e a Suíça têm decrescido em especialização, no período 2002-2006 e a Suíça vem se mantendo com um posicionamento forte em nanociência em termos de especialização e impacto nesse campo, mas em termos absolutos produz bem menos publicações que os EUA, Japão e Alemanha.

O Brasil, embora tenha aumentado sua produção científica, como mostrado no quadrante inferior esquerdo da Figura 2.3, decresceu em termos de especialização e impacto científico, quando se compara sua posição nos dois horizontes temporais da análise.

Dentre as universidades líderes no *ranking* mundial da produção científica em nanociência, a University of Tokyo (Japão) é a líder com 4.728 publicações, representando 1,2% do total de publicações em nanociência no mundo e 9,7% da produção científica em nanociência do Japão. Seguem outras universidades japonesas: Osaka e Tohoku, com 3.986 e 3.922 trabalhos científicos, respondendo por 8,2% e 8,1% da produção científica em nanociência do Japão, respectivamente. Destaca-se, ainda, a Tsinghua University, com 3.032 trabalhos científicos, o que representa 6,1% da produção científica da China em nanociência.

As empresas com o maior número de trabalhos publicados no período foram a IBM, a NTT e Alcatel-Lucent, com 1.770, 1.377 e 1.198 trabalhos científicos, respectivamente. As empresas Sumitomo, Hitachi e Samsung também se destacaram, com 1.127, 1.010 e 906 trabalhos publicados, respectivamente.

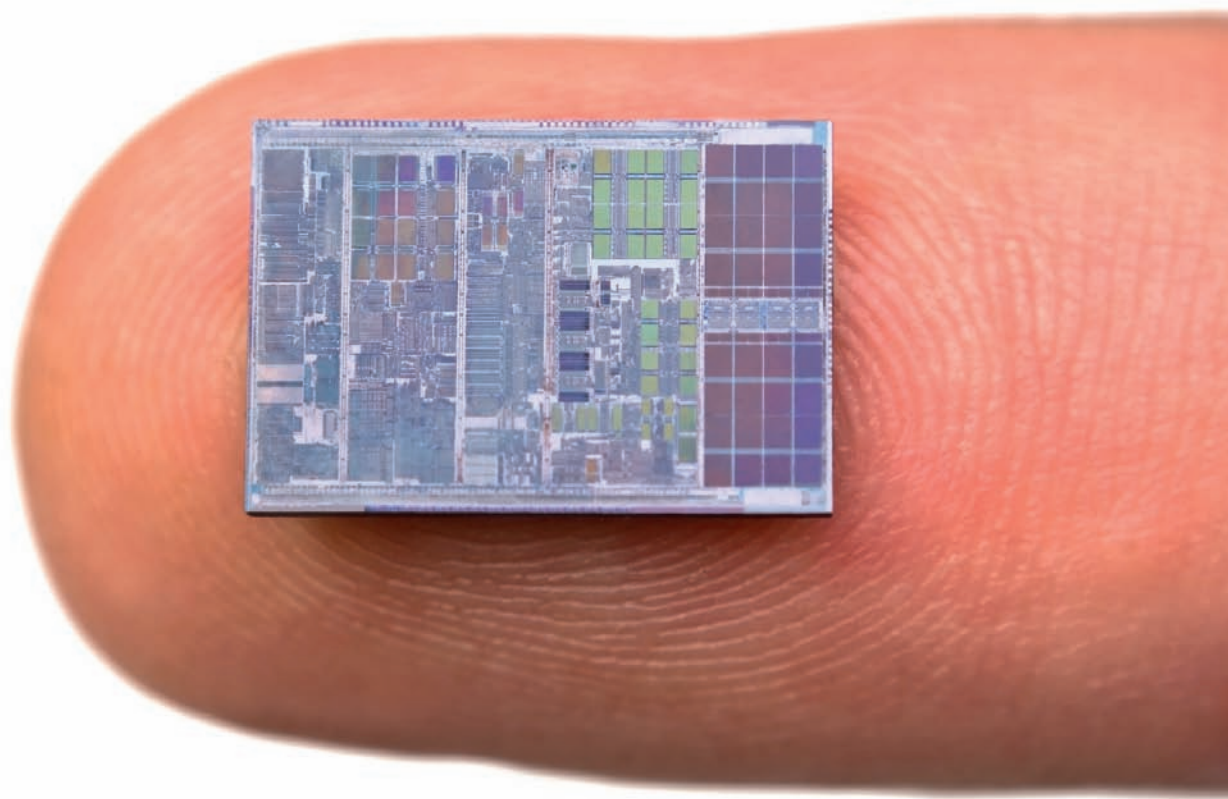
Buscou-se mostrar indicadores bibliométricos da produção científica em nanociência, apresentando-se os pontos de destaque e comentando-se

sobre o posicionamento do Brasil no *ranking* mundial. Ressalta-se, porém, que qualquer resultado de uma análise bibliométrica tem um caráter apenas indicativo, recomendando-se seu cruzamento posterior com outras informações e análises referentes ao tema pesquisado.

## Notas

- <sup>28</sup> Grau de especialização (SI) é o percentual de trabalhos científicos de um país em nanociência em relação ao total da sua produção científica, comparado-se com as posições mundiais de nanociência e do conhecimento científico global.
- <sup>29</sup> Impacto científico (ARC) é calculado pelo número médio de vezes que os trabalhos de um determinado país são citados por outros países no mundo.
- <sup>30</sup> Grau de especialização (SI) é o percentual de trabalhos científicos de um país em nanociência em relação ao total da sua produção científica, comparado-se com as posições mundiais de nanociência e do conhecimento científico global.
- <sup>31</sup> Impacto científico (ARC) é calculado pelo número médio de vezes que os trabalhos de um determinado país são citados por outros países no mundo.





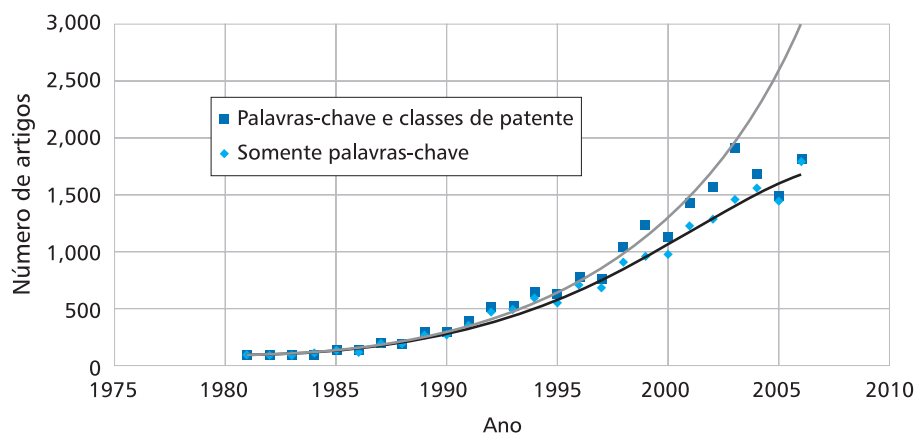
3. Propriedade intelectual: 1981-2006

Nesta seção, descrevem-se os resultados do estudo conduzido pela Science-Metrix em 2008,<sup>32</sup> referentes ao levantamento de patentes em nanotecnologia, concedidas pelo USPTO, no período de 1981 a 2006.

Apresenta-se o panorama da propriedade intelectual em nanotecnologia, com base nos dados do USPTO e expressa em termos de: (i) evolução do número de patentes concedidas em nanotecnologia pelo USPTO, no período de 1981 a 2006; (ii) distribuição das patentes em nanotecnologia em seus principais domínios; (iii) crescimento relativo do número de patentes dos principais domínios da nanotecnologia em relação ao crescimento da propriedade intelectual em nanotecnologia como um todo; (iv) *ranking* dos países líderes em propriedade intelectual em nanotecnologia, no período considerado; (v) *ranking* das empresas líderes em propriedade intelectual em nanotecnologia, no período considerado; e (vi) *ranking* das universidades líderes em propriedade intelectual em nanotecnologia, no período considerado.

A Figura 3.1 apresenta a evolução do campo da nanotecnologia expressa em termos do número de patentes concedidas pelo USPTO.

**Figura 3.1** Evolução do nº de patentes americanas em nanotecnologia: 1981-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.133. Base de dados USPTO.

A Tabela 3.1 mostra a taxa média de crescimento anual dos principais domínios da nanotecnologia, bem como o número de patentes concedidas pelo USPTO em cada domínio, no período 1981-2006. Esses dados fornecem uma ideia da importância relativa de cada domínio em relação ao campo da nanotecnologia em sua totalidade.

**Tabela 3.1** Taxa média de crescimento anual do número de patentes americanas nos principais temas de nanotecnologia: 1981-2006

Tema	Patentes concedidas	Crescimento anual (%)	Tempo em que dobra o nº de patentes concedidas
Materiais	7.132	17	4,4
Eletrônica e Informática	5.502	16,5	4,5
NEMS	742	16,4	4,6
Meio ambiente	143	14,1	5,3
Metrologia	2.372	13,9	5,3
Ótica e Fotônica	5.800	13,9	5,3
Energia	833	12,9	5,7
Medicina e Biologia	6.950	12,3	6,0
Nanotecnologia	19.305	12,9	5,7
USPTO	2.894.359	4,3	16,3

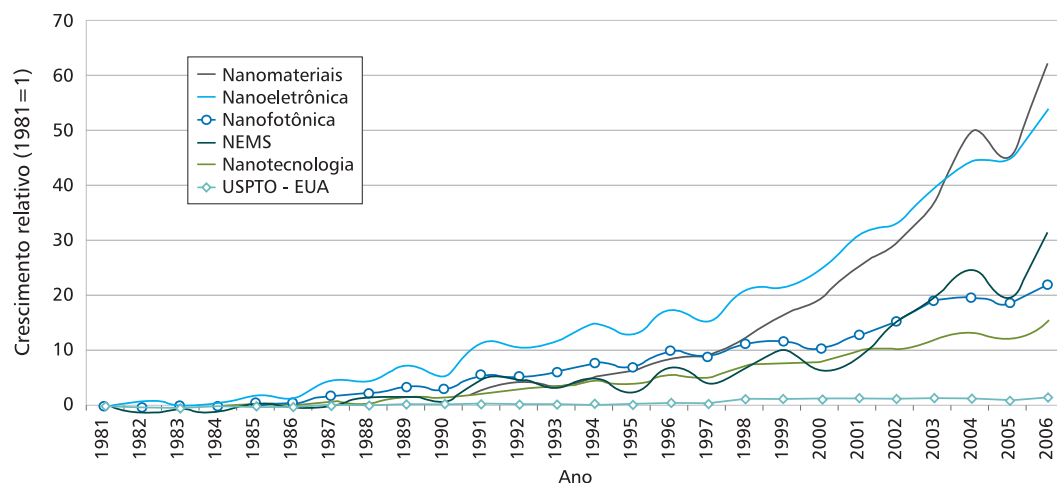
Fonte: Science-Metrix (2008), p.137. Base de dados USPTO.

Conforme mostrado na Tabela 3.2, os domínios que mais crescem são nanomateriais, nanoeletrônica e NEMS. Nesses domínios, o número de patentes concedidas dobrou em menos de 5 anos. Nanofotônica também tem crescido mais rápido do que o campo da nanotecnologia, enquanto outros domínios têm se desenvolvido na mesma taxa de crescimento do campo da nanotecnologia como um todo.



A Figura 3.2 ilustra o crescimento relativo dos principais domínios da nanotecnologia, medido pelo nº de patentes concedidas a cada ano, considerando-se o período 1981-2006 (1981 = 1).

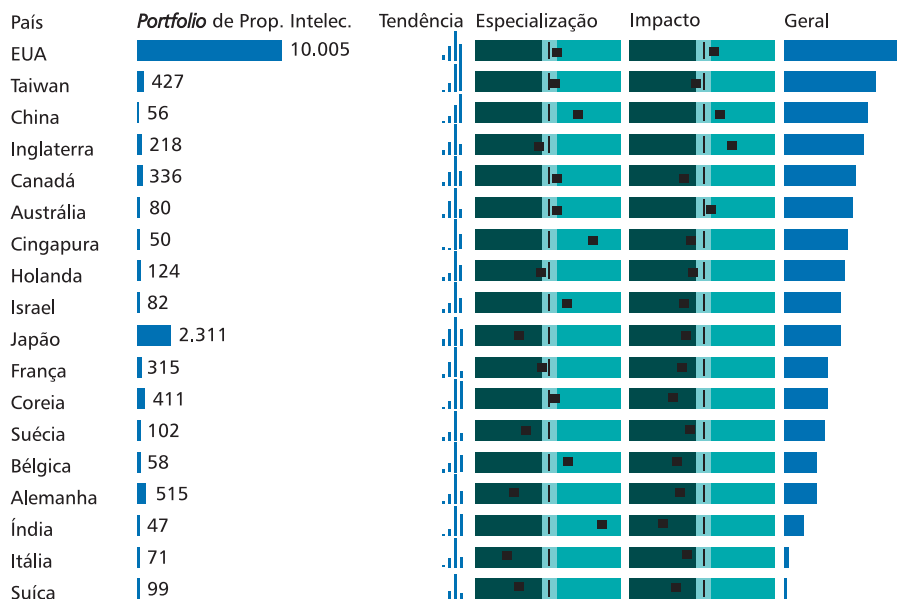
**Figura 3.2** Crescimento relativo dos temas da nanotecnologia expresso em número de patentes americanas: 1981-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.137. Base de dados USPTO.

A Figura 3.3 apresenta o *portfolio* de patentes em nanotecnologia, no período 1981-2006, avaliado em função de dois indicadores: (i) o grau de especialização dos países em nanotecnologia (SI) e o impacto tecnológico (ARC) de seus *portfolios* de patentes, no período da análise. Para um determinado país, o *portfolio* corresponde ao número de patentes concedidas no período de análise; e esses indicadores combinados determinam a pontuação geral (apresentada na coluna à direita da Figura 3.3), permitindo comparar-se o posicionamento científico dos países em nanociência de forma relativamente independente do volume produzido. Países que têm uma grande percentual de patentes ativas em nanotecnologia, em relação ao nº total de patentes ativas em todos os campos, são reconhecidos como especializados neste campo.

**Figura 3.3** Portfolios de propriedade intelectual em nanotecnologia dos países líderes: 1981-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.143. Base de dados USPTO.

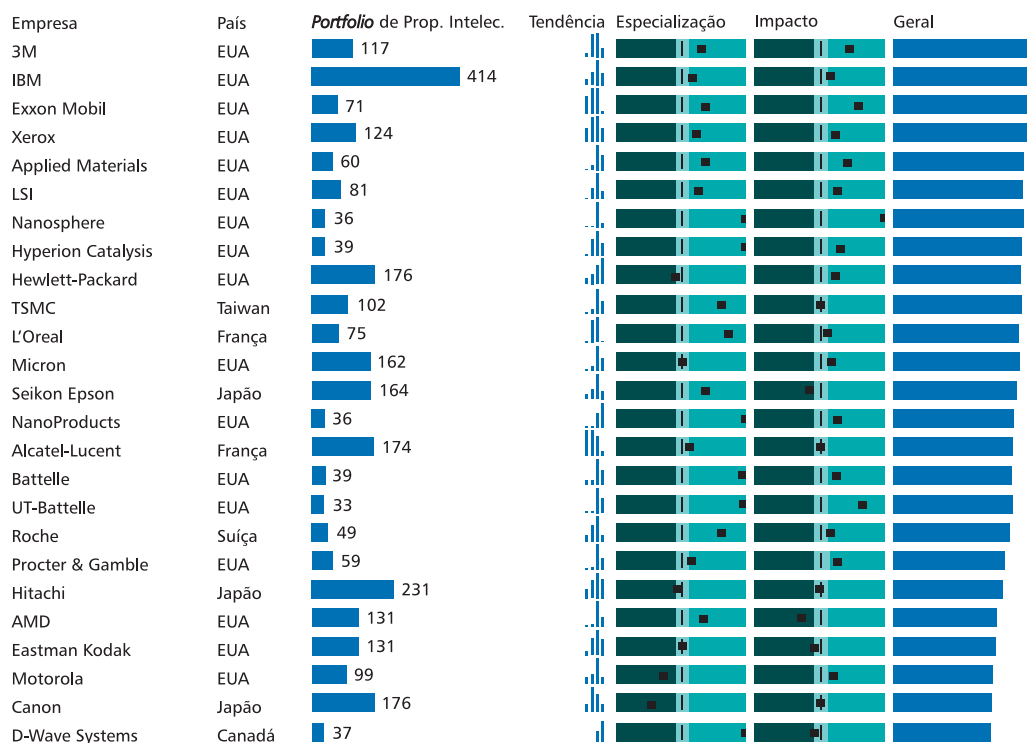
Conforme pode ser visto na Figura 3.3, os EUA lideram o *ranking* pelo número de patentes em nanotecnologia (10.005 patentes ativas no período 1981-2006). Nas posições seguintes, encontram-se Taiwan, China e Inglaterra, pelo seu grau de especialização e impacto. Países como Índia, Cingapura, China, Bélgica, Israel e Canadá têm maiores percentuais de patentes em nanotecnologia em seus *portfolios* de patentes do que os EUA, que lideram o *ranking*.

O Brasil, que se encontra na 25ª posição entre os líderes da produção científica em nanociência, não aparece em posição de destaque no panorama da propriedade intelectual em nanotecnologia.

A Figura 3.4 mostra as empresas líderes no *ranking* da propriedade intelectual em nanotecnologia, considerando-se o mesmo horizonte temporal e os mesmos indicadores adotados na elaboração do *ranking* dos países.

Grandes empresas ocupam as posições superiores no *ranking*: em primeiro lugar a 3M, seguida da IBM, Exxon Mobil, Xerox e Applied Materials. As empresas da área de tecnologias de informação e comunicação destacam-se entre as 20 primeiras do *ranking*: IBM, Hewlett-Packard, Micron Technology, AMD, Texas Instruments, Intel e Motorola. Eastman Kodak e 3M são mais vinculadas ao campo de nanomateriais, enquanto a Hitachi, Matsushita, Canon, Alcatel-Lucent, Seiko Epson, Sumitomo, Samsung, Mitsubishi e Toshiba estão mais atuantes no segmento de semicondutores e nanoeletrônica. Já empresas como a Procter & Gamble e a L'Oreal estão mais voltadas para nanobiotecnologia e suas aplicações nos mercados de cosméticos e de higiene.

**Figura 3.4** *Portfolio de propriedade intelectual em nanotecnologia das empresas líderes: 1981-2006*

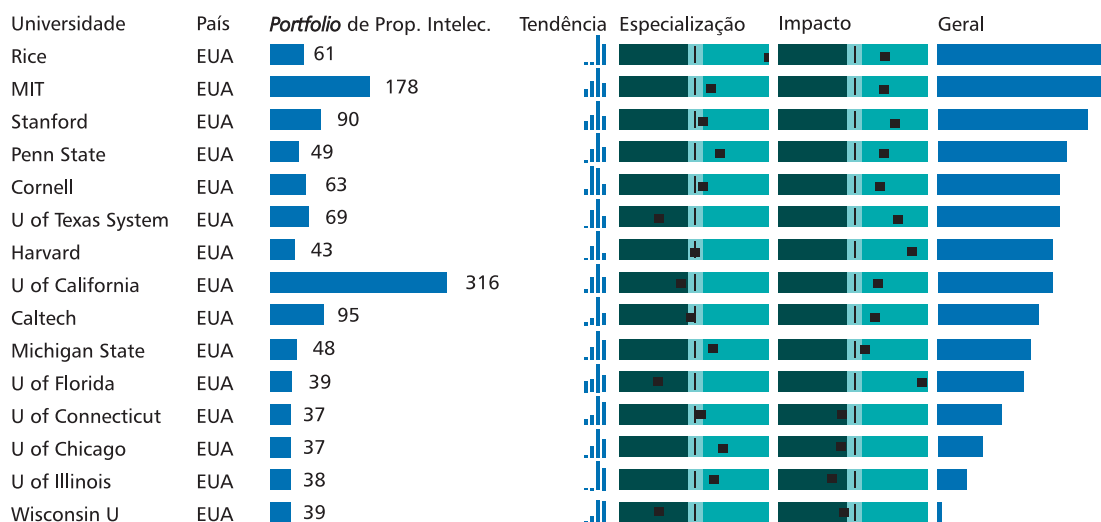


Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.145. Base de dados USPTO.

Finalmente, a Figura 3.5 apresenta os *portfolios* de patentes em nanotecnologia de instituições acadêmicas, seguindo-se o mesmo formato anterior.

Das 15 instituições acadêmicas que lideram o *ranking* mundial, todas são universidades americanas. Dentre essas, a University of California claramente lidera em termos do número de patentes ativas em nanotecnologia (316 patentes), embora ela não seja especializada neste campo como outras que são consideradas especializadas, tais como a Rice University, que ocupa a primeira posição no *ranking*, e a Pennsylvania State University, e a University of Connecticut, na 4<sup>a</sup> e na 12<sup>a</sup> posições, respectivamente.

**Figura 3.5** *Portfolio* de propriedade intelectual em nanotecnologia das universidades líderes: 1981-2006



Fonte: Adaptada de Science-Metrix (2008), p.146. Base de dados USPTO.

Buscou-se mostrar indicadores tecnométricos da propriedade intelectual em nanotecnologia, apresentando-se os pontos de destaque e comentando-se sobre o posicionamento do Brasil no *ranking* mundial. Como já comentado na seção anterior, ressalta-se que qualquer resultado de uma

análise tecnométrica ou bibliométrica tem um caráter apenas indicativo, recomendando-se seu cruzamento posterior com outras informações e análises referentes ao tema pesquisado.

## Nota

<sup>32</sup> SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, pp. 131-149.

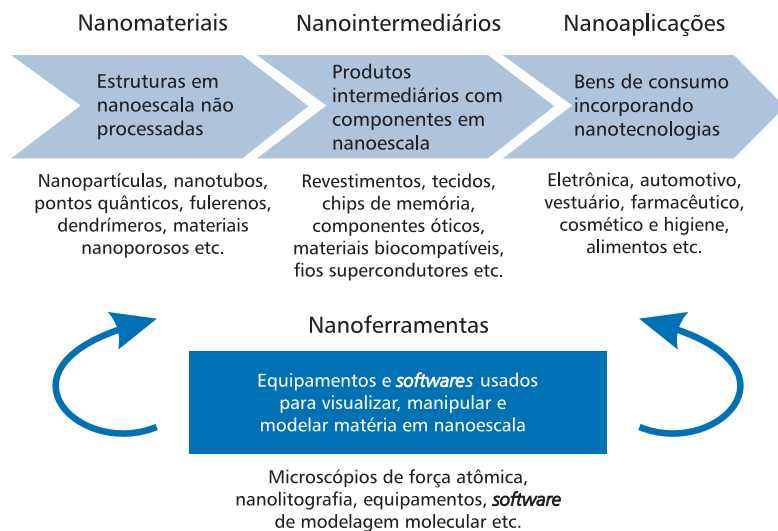
## 4. Mercado



Nesta seção, apresenta-se uma visão geral sobre o mercado da nanotecnologia no mundo e no Brasil, com base em dados e informações de fontes internacionais reconhecidas nesta área<sup>33, 34, 35, 36</sup> e em trabalhos e teses recentes sobre o panorama nacional de nanotecnologia no Brasil.<sup>37</sup>

Antes de se iniciar a apresentação propriamente dita do atual mercado da nanotecnologia no mundo e no Brasil, faz-se necessário conceituar a cadeia de valor desse campo, em seus diversos estágios, conforme a visão de negócios e de mercado preconizada pela Lux Research.<sup>38</sup> Isso porque, segundo a Lux Research, não existe um mercado de nanotecnologia, e sim uma cadeia de valor que vai desde os nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de argila), passando por nanointermediários (nesse exemplo, materiais compósitos produzidos a partir de nanopartículas de argila), até as chamadas nanoaplicações (na sequência, bens de consumo incorporando nanocompósitos). A Figura 4.1 mostra esquematicamente a representação da cadeia de valor da nanotecnologia.

**Figura 4.1** Cadeia de valor da nanotecnologia



Fonte: Lux Research (2004).

Além da conceituação da cadeia de valor e sua importância para a identificação de oportunidades de mercado em nanotecnologia, a Lux Research ressalta a questão da inovação tecnológica em nanotecnologia, argumentando que nem toda nanotecnologia é uma nova tecnologia. Enquanto nanotecnologias emergentes estão sendo desenvolvidas no momento, outras tecnologias, ditas conhecidas ou estabelecidas, já estão no mercado há anos, como é o caso das zeólitas sintéticas.

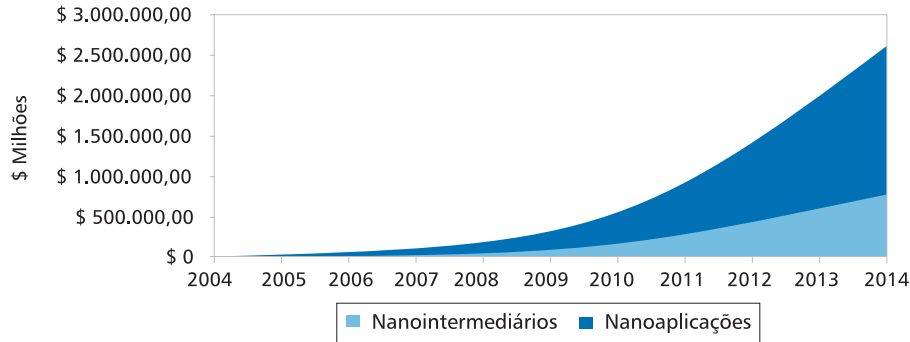
O terceiro aspecto que deve ser levado em consideração na identificação de aplicações promissoras para o Brasil é que muitos produtos incorporando nanotecnologias serão rentáveis apenas marginalmente. A maioria dos nanomateriais tornar-se-á rapidamente *commodities* com margens de lucro reduzidas, quando comparada com especialidades químicas, por exemplo. A lucratividade de nanointermediários e nanoaplicações pode variar muito, em função das margens das categorias de produtos a jusante na cadeia.

Nos últimos anos, as empresas que internalizaram esses conceitos têm investido anualmente mais de US\$ 3,8 bilhões em P&D e muitas já estão com seus novos produtos no mercado. A expectativa é de que a difusão de novos produtos baseados em nanotecnologia impacte fortemente a produção de bens manufaturados nos próximos seis anos. A título de ilustração, em 2004, os produtos que incorporaram novas nanotecnologias totalizaram um mercado de US\$ 13 bilhões, menos que 0,1% da produção global de bens manufaturados naquele ano. Em 2014, a projeção é que esse patamar se eleve a US\$ 2,6 trilhões, representando 15% da produção global de bens manufaturados neste horizonte (Figura 4.2).





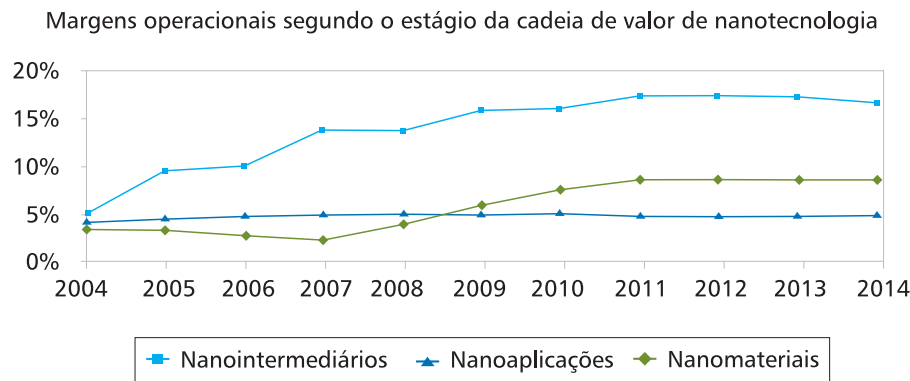
**Figura 4.2** Mercado global de nanotecnologia por estágio da cadeia de valor: 2004-2014



Fonte: Adaptada de Lux Research (2004).

É esperado que as nanoaplicações (bens de consumo incorporando nanotecnologias) sejam, no futuro, os itens de maior faturamento, porém os nanointermediários irão responder pela maior parcela de lucros, pelo fato de suas margens operacionais serem três vezes mais altas do que os demais componentes da cadeia de valor, conforme mostra a Figura 4.3.

**Figura 4.3** Margens operacionais segundo o estágio da cadeia de valor de produtos incorporando nanotecnologias emergentes



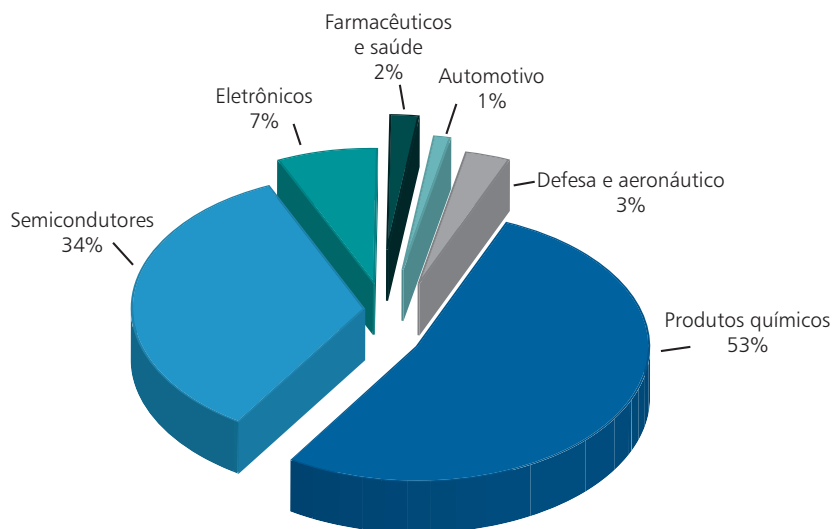
Fonte: Lux Research (2004).

## 4.1 Mercado de nanotecnologia no mundo

O mercado total de produtos que incorporam nanotecnologias (incluindo semicondutores e eletrônicos) atingiu US\$ 135 bilhões em 2007, devendo alcançar US\$ 693 bilhões até o final de 2012, e cerca de US\$ 2,95 trilhões em 2015. Excluindo-se os semicondutores e eletrônicos, o mercado global de produtos que incorporam nanotecnologias chegou a US\$ 83 bilhões em 2007, devendo alcançar US\$ 263 bilhões em 2012, e US\$ 1,5 trilhões em 2015.<sup>39</sup>

A Figura 4.4 apresenta a distribuição do mercado mundial de nanotecnologia por setor de atividade, em 2007, conforme estudo da Cientifica Ltd., publicado em 2008.<sup>40</sup> A figura mostra que o setor químico é o que ocupa hoje a maior parcela desse mercado (53%), seguido pelos semicondutores (34%). Setores como farmacêutico, automotivo e defesa representam pequenas parcelas do mercado global de nanotecnologia (de 1 a 7%).

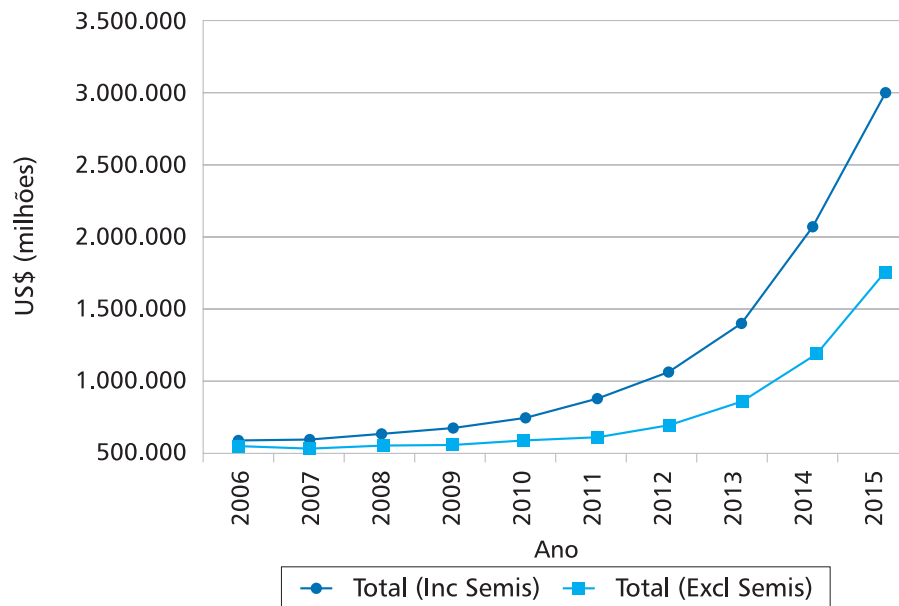
**Figura 4.4** Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2007



Fonte: Cientifica Ltd. (2008).

Estima-se que o mercado de US\$ 1 trilhão, como preconizado pelo estudo da The Royal Society,<sup>41</sup> será atingido em 2013, caso os segmentos de semicondutores e eletrônicos sejam incluídos. No caso de exclusão desses segmentos, o mercado de US\$ 1 trilhão somente será atingido por volta de 2015 (Figura 4.5).

**Figura 4.5** Crescimento do mercado global de nanotecnologia: 2006-2015



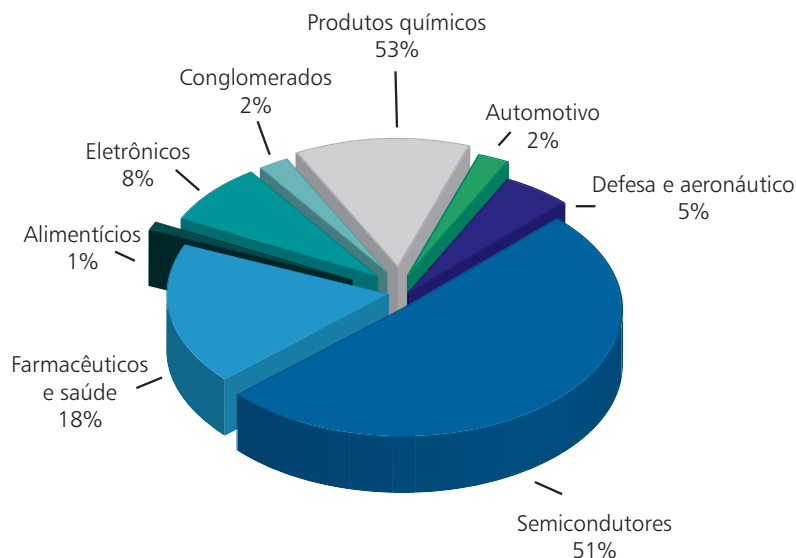
Fonte: Adaptada de Cientifica Ltd. (2007).

Grande parcela do crescimento do mercado de nanotecnologia não provém da produção de nanomateriais básicos, mas, sim, da capacidade de alguns segmentos, como o farmacêutico e o de semicondutores, de transformar os nanomateriais básicos em produtos de alto valor agregado. Vale ressaltar também que os valores estimados de mercado não se referem apenas às nanotecnologias incorporadas aos produtos finais, mas sim aos valores dos produtos como um todo. Para exemplificar: um

décimo de grama de um determinado nanomaterial que custa US\$ 0,01 pode ser incluído em um medicamento que custa US\$ 100 a dose.

A Figura 4.6 apresenta a distribuição do mercado mundial de nanotecnologia por setor de atividade, projetada para 2012, conforme estudo da Cientifica Ltd., publicado em 2008.<sup>42</sup>

**Figura 4.6** Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2012



Fonte: Cientifica Ltd. (2007).

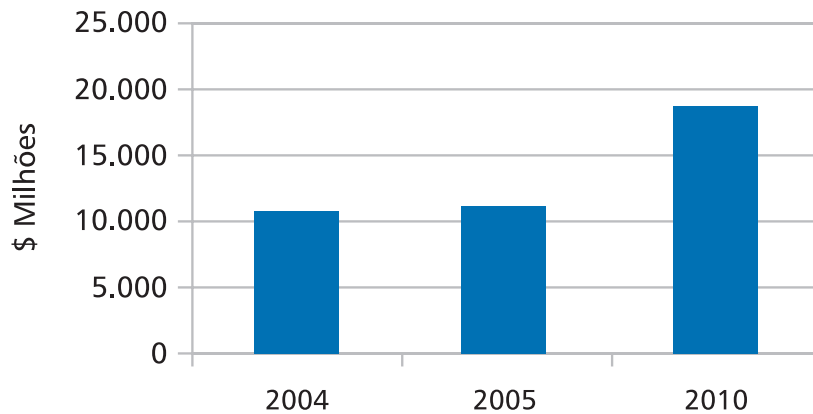
Como representado na Figura 4.6, em 2012, o mercado será dominado por semicondutores, mas surgirão novas aplicações baseadas em nanotecnologias para os segmentos farmacêutico e saúde, alimentos e outros bens de consumo, devido à estabilidade da cadeia de suprimento dos nanomateriais. Em 2015, prevê-se que 80% do mercado de US\$ 1,5 trilhão corresponderá a aplicações de nanotecnologia para os segmentos farmacêutico e saúde humana.

Apresentam-se, a seguir, informações de mercado referentes aos temas abordados.

O consumo global de todos os tipos de nanomateriais, em 2005, atingiu um volume de 9 milhões de toneladas métricas e US\$ 13,1 bilhões, com uma expectativa de que alcance 10,3 milhões de toneladas e US\$ 20,5 bilhões em 2010, considerando-se uma taxa de crescimento anual de 9,3%, em valor.<sup>43</sup> Materiais orgânicos não-poliméricos respondem pela maior parcela do consumo total, porém prevê-se que o consumo dos nanomateriais óxidos crescerá a uma taxa de 8,5% para 15,75%, em 2010. Já os materiais metálicos são o segundo maior segmento com mais de 21% do mercado. Em morfologia de produtos, por volta de 2010, o consumo dos materiais nanoparticulados decrescerá 54,6%, enquanto que os consumos de filmes, monolíticos e compósitos deverão crescer a taxas de 25,0%, 17,4% e 3,0%, respectivamente.

A Figura 4.7 mostra as previsões do mercado de nanomateriais no período 2004-2010.

**Figura 4.7** Mercado global de nanomateriais: 2004-2010



Fonte: Adaptada de BCC Research (2005).

Na sequência, a título de ilustração, listam-se algumas das 85 empresas que integram o mercado global de nanomateriais e que se encontram relacionadas no estudo da BCC Research: Basf AG; Bayer AG; Biophan Technologies; Capacitive Deionization Technology Systems Inc.; Covion Organic Semiconductors GmbH; Degussa AG; Dendritic Nanotechnologies Inc.; E. I. du Pont de Nemours and Company; Eastman Kodak Co.; Eka Chemicals Colloidal Silica Group; Nanophase Technologies Corp.; Rhodia S.A.; Nalco Chemical Co.; Nanogate Technologies GmbH; NanoGram Corp.; Ishihara Sangyo Kaisha Ltd.; UltraDots Inc.; e Zyvex Corp.

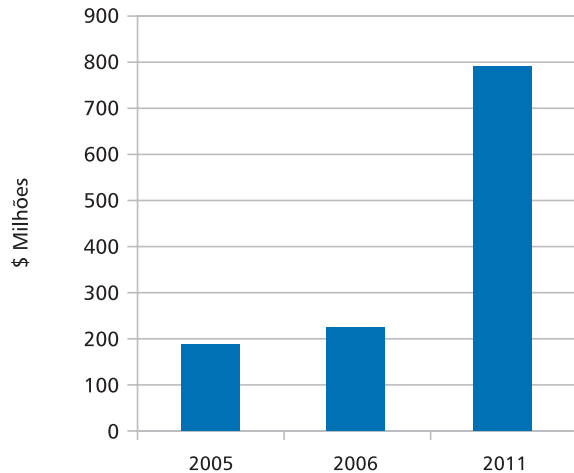
Focalizando-se os nanointermediários, tem-se que, em 2005, os nanocompósitos de argila responderam por 24% do consumo total de nanocompósitos, em valor.<sup>44</sup> Em seguida, os nanocompósitos de metal e de óxido metálico (19%) e compósitos de nanotubos de carbono (15%). Para o horizonte de 2011, estima-se que os nanocompósitos aumentem sua participação no mercado para 44%. Entre 2005 e 2011, prevê-se que intermediários como nanocompósitos de metal, de óxido metálico e cerâmicos aumentarão suas participações para 20% e 11,5%, respectivamente, nesse período.

Ao contrário, os compósitos de nanotubos de carbono perderão mercado, chegando a 7,5%, em 2011. Os setores de autopeças, energia e de embalagens foram os que mais demandaram aplicações baseadas em nanocompósitos em 2005, com 29%, 28% e 19% de participação no mercado, respectivamente. Outras aplicações importantes foram em revestimentos (14%) e em dissipadores eletrostáticos – ESD (8%). Em 2011, prevê-se que o setor de embalagens será o líder em aplicações de nanocompósitos, com cerca de 28% desse mercado.

A Figura 4.8, a seguir, mostra a tendência do mercado global de nanocompósitos, nanopartículas, nanoargilas e nanotubos, compreendendo o período 2005-2011.



**Figura 4.8** Mercado global de nanocompósitos, nanopartículas, nanoargilas e nanotubos: 2005-2011



Fonte: Adaptada de BCC Research (2005).

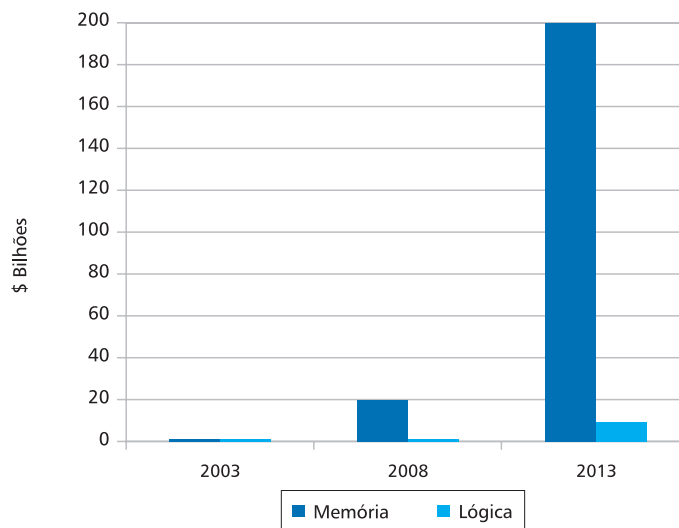
As aplicações de nanotecnologias no setor de energia permanecerão em segundo lugar, em 2011, com mais de 26% do mercado. Aplicações no setor automotivo estarão em terceiro lugar em termos de aplicações naquele ano, com mais de 15% do mercado, seguidos de revestimentos, com 14%. Nanopartículas estão também presentes em cosméticos, tintas e materiais de construção, enquanto que dispositivos eletrônicos usam filmes ultrafinos e nanoestruturas semicondutoras e magnéticas. De modo ainda muito restrito, nanopartículas estão sendo testadas, e eventualmente usadas, em alguns processos terapêuticos para tratamento de câncer.

Os produtos nanoeletrônicos (memória) passaram à frente dos nanoeletrônicos (lógicos) e representam um mercado de US\$ 20 bilhões.<sup>45</sup> Memórias não-voláteis de nanocristais de silício passam a substituir flash e MRAM (*Magnetoresistive Random Access Memory*), tornando-se uma tecnologia de memória "universal" e liderando esse mercado. Adicional-

mente, as tecnologias nanoeletrônicas lógicas deslocarão CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductors*) e encontrarão espaço nesse mercado na próxima década. O mercado global para dispositivos nanofotônicos é projetado para crescer a uma taxa média anual de 85,5%, a partir de US\$ 420,7 milhões, em 2004, para US\$ 9,325 bilhões, em 2009.<sup>46</sup> LEDs nanofotônicos com aplicações de *displays* de plasma e telas planas responderam por mais de três quartos do mercado em 2003. LEDs, além de representar o maior segmento deste mercado, é o que mais crescerá, com uma taxa projetada para mais de 90% entre 2003 e 2009.

A Figura 4.9, a seguir, mostra a tendência do mercado global de nanoeletrônica, compreendendo o período 2003-2013.

**Figura 4.9** Mercado global de nanoeletrônica: 2003-2013



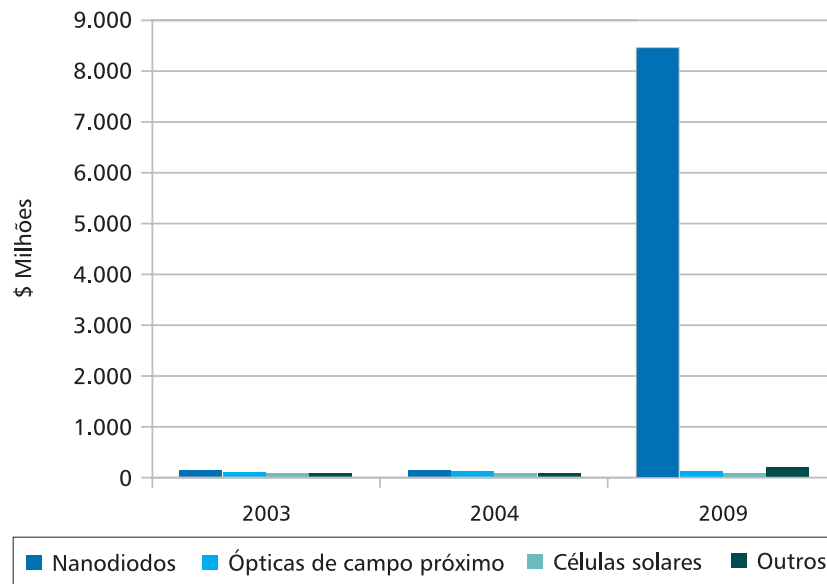
Fonte: Adaptada de BCC Research (2004).

A Figura 4.10 apresenta a previsão do mercado global de dispositivos nanofotônicos, compreendendo o período 2003-2009.



O mercado global para as aplicações da nanobiotecnologia tende a crescer no período 2008-2010,<sup>47</sup> devendo atingir US\$ 3,4 bilhões em 2010, considerando-se uma taxa média de crescimento anual de 30,3%. Aplicações de nanodispositivos, especialmente nanosensores usados em sistemas de liberação controlada de drogas, constituirão o segmento de maior participação no mercado (50%).

**Figura 4.10** Mercado global de dispositivos nanofotônicos: 2003-2009



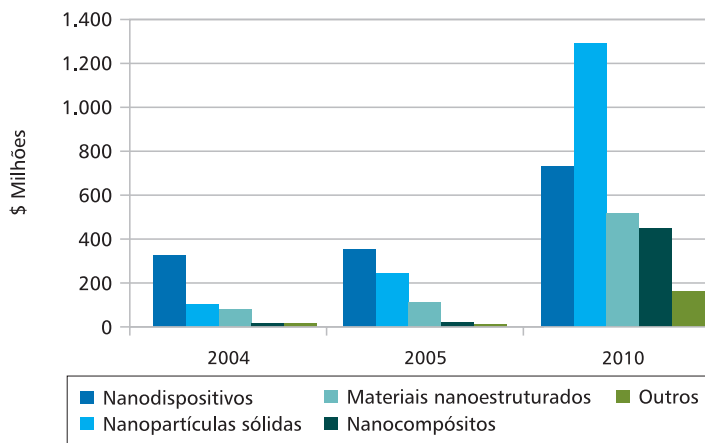
Fonte: Adaptada de BCC Research (2005).

As aplicações de nanopartículas respondem por 21,4%, materiais nanoestruturados por 18,4%, e nanocompósitos por 5,1%. Por volta de 2010, espera-se que as aplicações em nanopartículas ultrapassem os nanodispositivos, tornando-se o segmento mais importante, com 39,6% do mercado *versus* 23,1% dos nanodispositivos. Prevê-se o crescimento também de aplicações na área médica, cuja participação no mercado deverá atingir 60,3%, em 2010. Aplicações na área ambiental deverão

decrecer, enquanto os segmentos de agroindústrias e alimentos aumentarão sua participação de 5,1% para 113,4%.

A Figura 4.11, a seguir, mostra a tendência do mercado global das aplicações de nanobiotecnologia, compreendendo o período 2004-2010. O mercado de aplicações da nanotecnologia em energia é de cerca de US\$ 4,35 bilhões em 2006, um patamar que é esperado que cresça para US\$ 4,73 bilhões, em 2007, e US\$ 7,12 bilhões, em 2012, considerando-se uma taxa média anual de crescimento de 8,4%, nos próximos cinco anos.<sup>48</sup> Se as enzimas forem excluídas, o mercado de nanotecnologias em aplicações energéticas deverá alcançar US\$ 3,78 bilhões, em 2012. Enzimas industriais dominam esse mercado, com uma participação de 57,8%, em 2006, declinando a 46,9% por volta de 2012. Desde 2006, os monolíticos nanoestruturados, dentre os quais catalisadores de zeólitas usados no refino de petróleo representam o mais importante segmento, detêm a segunda maior parcela de mercado (34,6%).

**Figura 4.11** Mercado global das aplicações de nanobiotecnologia: 2004-2010



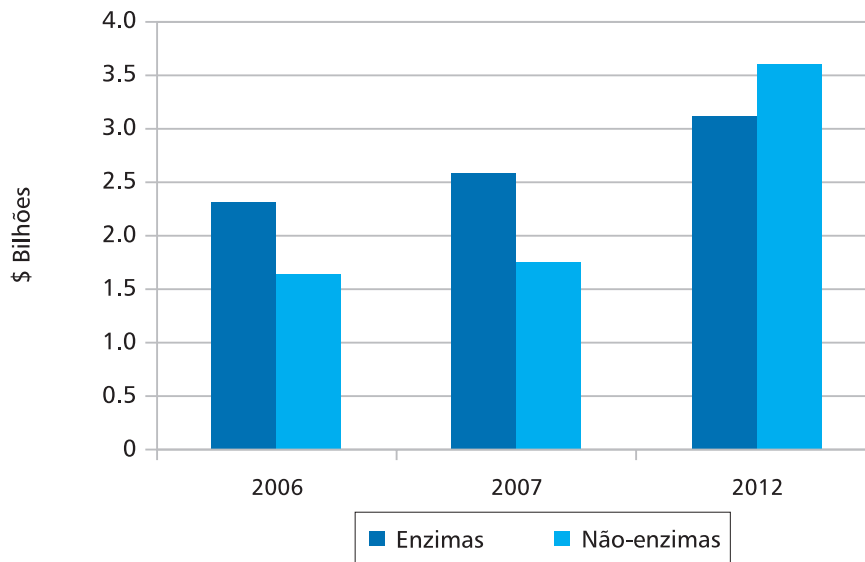
Fonte: Adaptada de BCC Research (2004).

A participação dos monolíticos nanoestruturados nesse mercado tende a crescer, chegando próximo a 36,3%, por volta de 2012.

Os métodos convencionais de remediação têm gerado resultados não satisfatórios e marginais. Esses métodos deverão ser substituídos por métodos e tecnologias mais robustos e efetivos baseados em nanotecnologias, tão logo essas estejam em fase de comercialização. Esse condicionante foi a base para a estimativa bastante auspiciosa de US\$ 2,385 milhões para 2010, considerando-se uma taxa de crescimento média anual de 192,2%.<sup>49</sup>

A Figura 4.12, a seguir, mostra a tendência do mercado global das aplicações de nanotecnologia no setor de energia, compreendendo o período 2006-2012.

**Figura 4.12** Mercado global das aplicações de nanotecnologia em energia: 2006-2012

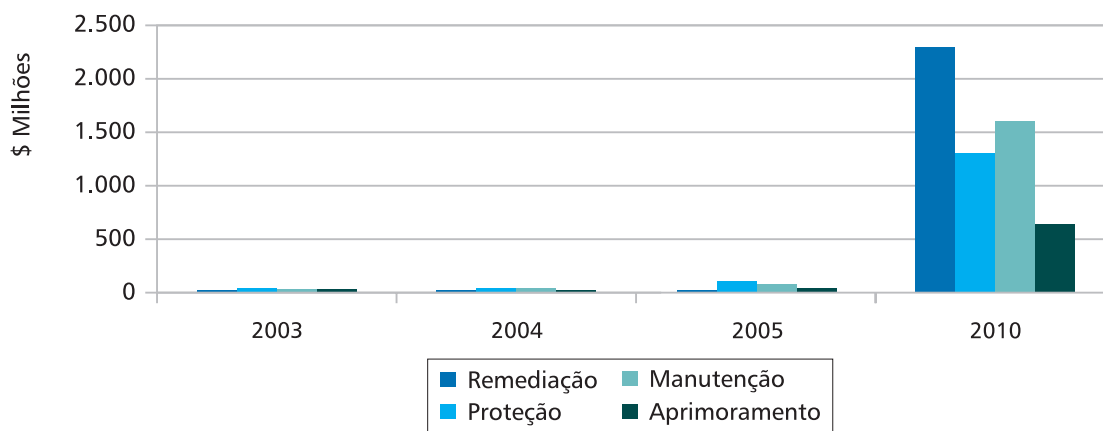


Fonte: Adaptada de BCC Research (2007).

O segmento de nanotecnologias voltado para a proteção ambiental alcançou US\$ 166,2 milhões em 2005 e foi projetado para crescer a uma taxa de 53,0%, devendo alcançar, segundo as previsões, a faixa de US\$ 1,394 milhões, em 2010. O segmento de manutenção é projetado para alcançar US\$ 1,690 milhões, em 2010.

A Figura 4.13, a seguir, mostra a tendência do mercado global das aplicações de nanotecnologia na área ambiental, compreendendo o período 2003-2010.

**Figura 4.13** Mercado global da nanotecnologia em aplicações ambientais: 2003-2010



Fonte: Adaptada de BCC Research (2007).

## 4.2 Mercado de nanotecnologia no Brasil

A oferta de produtos, processos e serviços ligados à nanotecnologia no Brasil não vem acompanhando os indicadores da produção científica que foram reportados na Seção 2.1 e que, segundo os quais, o país se encontra hoje na 25ª posição do *ranking* mundial, de acordo com os critérios adotados no estudo da Science-Metrix.<sup>50</sup>

Considerando-se todos os componentes da cadeia de valor representada na Figura 4.11, observa-se um reduzido número de empresas que incorporam nanotecnologias em seus produtos ou processos; ou que fabricam nanomateriais, nanointermediários ou nanoferramentas. Esse fato tem forte relação com a posição pouco expressiva do Brasil em relação ao seu *portfolio* de patentes em nanotecnologia, principalmente quando comparado a países como China, Taiwan, Coreia e Índia, para citar alguns exemplos.

As pesquisas que estão sendo desenvolvidas no país indicam que as oportunidades de negócio em nanotecnologia tendem a surgir primeiramente nos mercados de cosméticos, produtos provenientes da indústria química (catalisadores, tintas, revestimentos) e petroquímica, plásticos, borrachas e ligas metálicas, conforme as conclusões de estudo do MCT.<sup>51</sup>

O Brasil não possui ainda uma base de dados sistematizada sobre o mercado dos produtos, processos e serviços baseados em nanotecnologia.<sup>52</sup> Como conceituado na introdução deste Capítulo, é oportuno conceber tal sistemática, considerando a cadeia de valor da nanotecnologia e seus componentes, alternativamente aos métodos convencionais de estudos de mercado. Pela cadeia de valor é possível identificar quais empresas estão investindo em P&D para aplicações nanotecnológicas nas suas áreas de atuação no Brasil e qual a previsão das futuras margens operacionais.

De fato, como mencionado em diversos trabalhos anteriores,<sup>53</sup> a projeção e análise de mercado em nanotecnologia é tarefa bastante difícil, por se tratar de uma área tecnológica pervasiva a todos os setores da economia. No entanto, levantamentos de mercado internacionais, como os que foram apresentados neste Capítulo, mostram que os principais setores de aplicação da nanotecnologia, em nível global, são:

produtos químicos e semicondutores, que respondem por 53% e 34% de todo o mercado de nanotecnologia.

Setores como farmacêutico, automotivo e defesa respondem por parcelas menores do mercado global de nanotecnologia (de 1 a 7%). Segundo a BCC Research,<sup>54</sup> os setores que terão taxas de crescimento expressivas até 2013 são: eletrônicos, aplicações biomédicas e bens de consumo final, com taxas de 30,3%, 56,2% e 45,9%, respectivamente, nos próximos cinco anos.

Para finalizar esta seção, apresenta-se, a seguir, um quadro-resumo dos produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil, conforme divulgado pelo MCT, em 2007 (Quadro 4.1).

Complementarmente, na Seção 5.3, dedicada a investimentos, apresentam-se as empresas e respectivos projetos apoiados por seis editais no Brasil, no período 2004-2007. Mais especificamente, no Quadro 4.1, encontram-se discriminadas, por edital, as empresas e respectivos projetos apoiados no período. Essas informações vêm complementar a relação de empresas e produtos do Quadro 5.2 e são de grande valia na perspectiva de mercados potenciais, pois apontam para os futuros produtos e processos baseados em nanotecnologia de empresas brasileiras e permitem estimar a entrada desses produtos e processos em seus respectivos mercados.



**Quadro 4.1** Produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil

Produto	Empresa	Descrição	Aplicação
Língua Eletrônica	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	Sensor gustativo.	Avalia a qualidade de líquidos e identifica sabores.
Grafite	Faber Castell	Lápis com nanopartículas organometálicas adicionadas.	Mais resistência, maciez e intensidade de cor.
n-Domp	Ponto Quântico	Dosímetro de raios UV.	São três camadas de filmes finos: - A primeira guarda as informações da dose de UV; - A segunda permite a leitura da dose; e - A terceira bloqueia interações com água.
Biphor	Bunge	Tinta branca com nanopartículas de fosfato amorfo de alumínio.	Substitui o dióxido de titânio, que é tóxico, sendo não tóxico, mais barato e dando maior durabilidade.
Prótese Arterial	Nano Endoluminal	Endoprótese para cirurgia aórtica.	Sistema nanoestruturado que diminui o tempo de internação dos pacientes.
True Life Silpure	Diklatex	Nanopartículas de prata aderidas ao tecido.	Evita o mau odor, a descoloração do tecido e manchas.
Secador de cabelos	NanoX/TAIFF	Primeiro secador de cabelo desenvolvido à base de nanotecnologia.	Nanopartículas de titânio que eliminam bactérias e fungos do ar.
Sistema de liberação controlada de drogas	Nanocore	Nanocápsulas.	Menores concentrações e toxicidade; maior efetividade da droga; efeito terapêutico local.
Taubarez T 940	Indústrias Químicas de Taubaté	Dispersão aquosa aniônica de copolímero de estireno butadieno carboxilado.	Utilizado como um polímero barreira em cartões e papel (embalagens), para água e óleo.

continua...

## Continuação do Quadro 4.1

Revestimentos	Nanox Tecnologia S.A.	Revestimentos nanoestruturados.	Resistência a altas temperaturas, corrosão, contaminação biológica, água, produtos químicos. Aumentam em 100% a vida útil do equipamento. Aplicação no setor petroquímico, farmacêutico, automobilístico e da construção civil.
Vitactive nanoserum antissinais	O Boticário	Nanocosmético.	Possui sistema de “liberação direcionada” dos ingredientes ativos nas camadas da pele: Comucel (complexo antienvhecimento); Piox-in (complexo antioxidante); Lumiskin® (clareador e atenuador de olheiras) e vitaminas A, C e K.
CVdntus	CVD	Ponta odontológica ultrassônica constituída de uma pedra única de diamante depositada por CVD.	Alta durabilidade; silencioso, indolor, preciso; ausência de sangramento (não corta tecido mole); não agressivo ao meio ambiente.
Nanocompósitos de polipropileno e polietileno	Braskem	Nanocompósitos.	Aplicação no setor de embalagens, automobilístico, engrenagens, máquinas e equipamentos, eletroeletrônicos, eletrodomésticos etc.; Maior durabilidade, resistência ao calor, impermeabilidade à umidade e óleo.

Fonte: MCT (2007).

Buscou-se apresentar nesta seção uma visão geral sobre o mercado nacional dos produtos, processos e serviços baseados em nanotecnologias, ressaltando-se que o Brasil não possui ainda uma base de dados de mercado sistematizada sobre essa área.<sup>55</sup> Recomenda-se modelar tal sistemática, considerando a cadeia de valor da nanotecnologia e seus componentes, alternativamente aos métodos convencionais de estudos de mercado.

## Notas

<sup>33</sup> RNCOS (2008). **Nanotechnology Market Forecast till 2011**. Delhi: RNCOS E-Services Pvt Ltd. Apr 2008. 139 p.

<sup>34</sup> CIENTIFICA (2008). **The Nanotechnology Opportunity Report**. Executive Summary. Third edition. June 2008. London: Cientifica Ltd. 49 p.







## 5. Dimensões da INI-Nanotecnologia: foco Brasil



Descreve-se nesta seção o quadro atual, no Brasil, em relação às dimensões da INI-Nanotecnologia, compreendendo dados e informações sobre recursos humanos, infraestrutura, investimentos e aspectos mercadológicos, marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade.

## 5.1 Recursos humanos

Apresenta-se, inicialmente, a situação atual dos grupos de pesquisa de nanociência e nanotecnologia no Brasil, baseada em pesquisa realizada pelo CGEE em dezembro de 2008, compreendendo consulta a duas bases de dados: a *ISI Web of Science*<sup>56</sup> e o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.<sup>57</sup>

A consulta à base *ISI Web of Knowledge* teve como objetivo identificar: (i) o número de pesquisadores brasileiros que publicaram trabalhos em nanociência e nanotecnologia, registrados nessa base no período de 2005 a 2008; (ii) as principais instituições brasileiras às quais esses autores estão vinculados, tratando-se adequadamente os acrônimos; (iii) principais áreas de especialização, segundo as quais os trabalhos foram indexados nessa base.

Ao abordar a problemática da delimitação em bases de dados de áreas multidisciplinares como a nanociência e nanotecnologia, faz-se necessário descrever os passos seguidos na recuperação dos dados e os recursos que as bases de dados selecionadas oferecem.



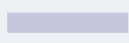
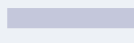
A base internacional *ISI Web of Science* foi escolhida pela sua abrangência e reconhecida qualidade, atribuídas aos rigorosos critérios adotados pela Thompson Scientific Information, instituição responsável por sua criação, manutenção e alimentação. Para a elaboração dos gráficos apresentados nesta seção, utilizou-se a ferramenta estatística interna da base consultada, denominada "*Analyze Results*".

Procurou-se construir as estratégias de busca na modalidade “SCI – Advanced Search”, adotando-se os termos-chave de estudo anterior sobre a competência nacional em nanociência e nanotecnologia no período 1994 a 2004,<sup>58</sup> acrescidos de alguns descritores presentes na Plataforma-Lattes e no Portal Inovação referentes a grupos de pesquisa e pesquisas em curso nessas áreas. A estratégia de busca utilizada na consulta à base *ISI Web of Knowledge* utilizou os seguintes termos: “nanoparticle\*”, “nanotub\*”, “nanocrystal\*”, “nanostructure”, “nanobio”, “bionano”, “nanomaterial\*”, “nanocomposite\*”, “nanofiber\*”, “nanowire\*”, “spintronic\*”, “quantum dots”, “quantum wire\*”, “fullerene\*” e “optoelectronic\*”. A busca foi delimitada pelos campos “Title” e “Publication year” e os resultados globais obtidos no início foram analisados com a ferramenta estatística da própria base (“Analyze Results”), utilizando-se o critério “Country” = Brazil.

No período 2005-2008, foram identificados 833 artigos publicados por 2.242 pesquisadores brasileiros e 541 instituições às quais os pesquisadores estão vinculados.

A Figura 5.1 mostra a evolução do número de artigos de pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia, destacando-se os dois últimos anos, com 256 artigos em 2008 e 248 em 2007, em um total de 833 artigos indexados na base consultada.

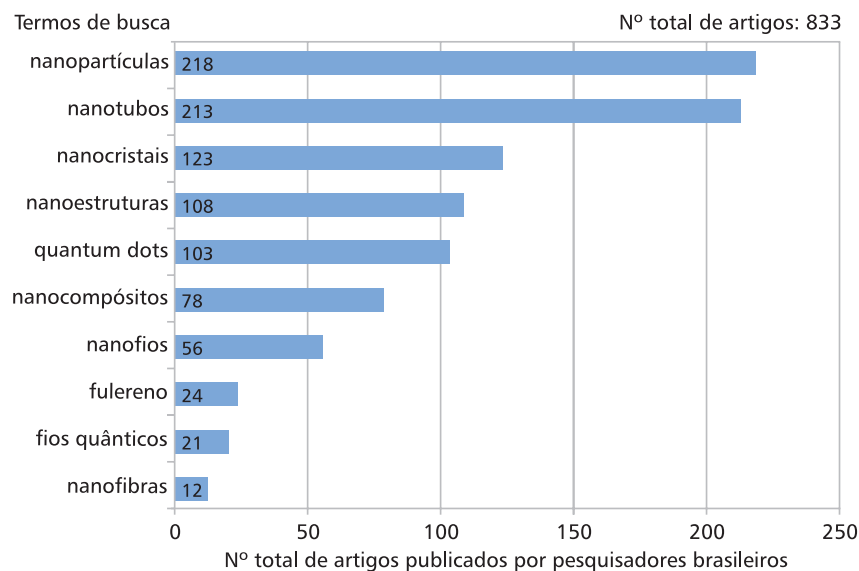
**Figura 5.1** Evolução do nº de artigos de pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008

Campo: Ano de Publicação	Contagem Registro	% de 833	Gráfico de Barras
2005	151	18,1273%	
2008	178	21,3685%	
2007	248	29,7719%	
2008	256	30,7323%	

Fonte: Adaptada de Base de dados Web of Science. Acesso em dez 2008.

A seguir, apresentam-se as competências brasileiras identificadas na base Web of Science, em função dos termos-chave utilizados na busca (Figura 5.2). Considerou-se um número de artigos maior ou igual a 10 ocorrências por termo de busca.

**Figura 5.2** Competências brasileiras identificadas na base Web of Science: 2005-2008

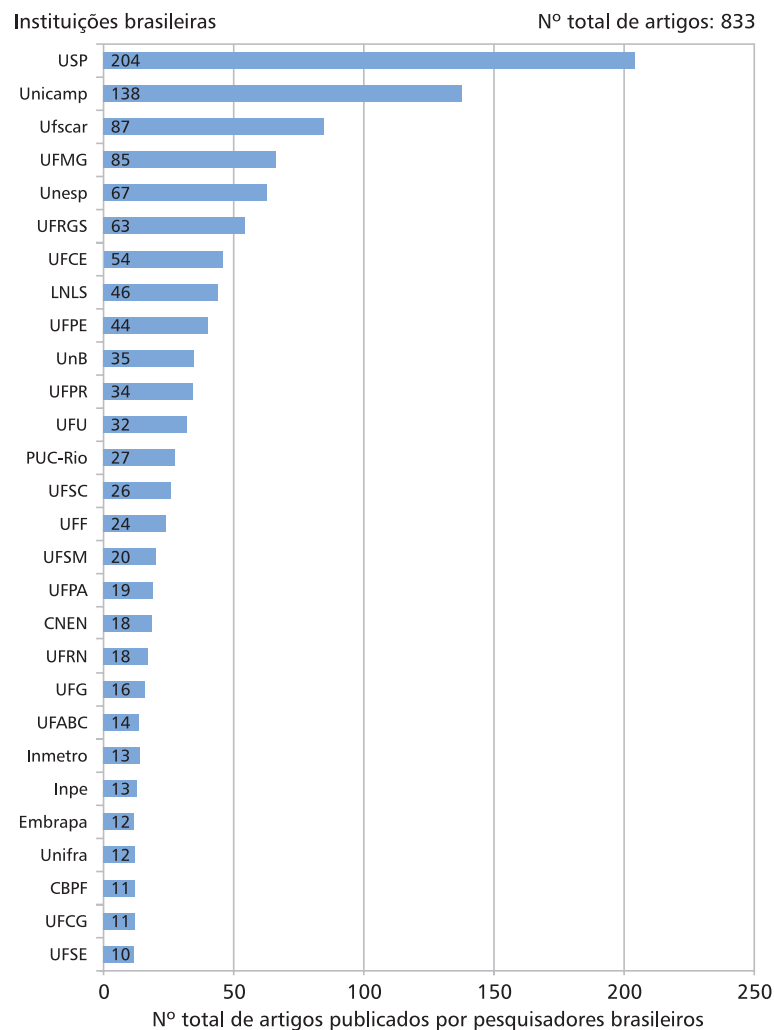


Fonte: Base de dados Web of Science. Acesso em dez 2008.

Destacam-se na Figura 5.2, as competências em nanopartículas e nanotubos, expressas pelo número de artigos publicados por autores brasileiros e indexados na base pesquisada (218 e 213 artigos). Em uma segunda faixa, que varia de 123 a 103 artigos indexados, situam-se os termos nanocristais, nanoestruturas e quantum dots. A terceira faixa compreende os termos nanocompósitos, nanofios, fulereno, fios quânticos e nanofibras. Essas informações poderão ser comparadas com as obtidas por meio de busca à base nacional “Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil”, utilizando-se os mesmos termos (vide Figuras 5.5 e 5.6).

Na sequência, apresentam-se as principais instituições brasileiras às quais esses autores estão vinculados, considerando-se um número de artigos maior ou igual a 10 ocorrências por instituição e tratando-se adequadamente os acrônimos (Figura 5.3).

**Figura 5.3** Instituições brasileiras às quais os pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia estão vinculados: 2005-2008



Fonte: Base de dados Web of Science. Acesso em dez 2008.

A Figura 5.3 revela que 68% dos 833 artigos de autores brasileiros indexados na base *Web of Science* vinculam-se a instituições localizadas no estado de São Paulo: USP (204 artigos); Unicamp (138 artigos); Ufscar (87 artigos); Unesp (67 artigos); LNLS (44 artigos); UFABC (14 artigos) e Inpe (13 artigos). Merecem ainda destaque: UFMG, UFRGS, UFRJ, UFCE e UFPE, com respectivamente 85, 63, 54, 46 e 40 artigos indexados.

Destacam-se ainda as áreas de especialização segundo as quais os 833 artigos foram indexados pela base *ISI Web of Science*, refletindo-se a multidisciplinariedade das áreas e temas de N&N (Figura 5.4). Observa-se que os percentuais significativos referem-se diretamente às áreas de ciência dos materiais multidisciplinar (28,69%); física: matéria condensada (25,57%); física aplicada (23,77%); fisicoquímica (19,56%); nanociência e nanotecnologia (15,25%); e química multidisciplinar (12,12%). As demais áreas apresentam baixa concentração, com percentuais abaixo de 10%.

**Figura 5.4** Áreas de especialização dos artigos publicados por pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008

Campo: Área Temática	Contagem / Registro	% de 833	Gráfico de Barras
Ciência de materiais, multidisciplinar	239	28,6915%	
Física, matéria condensada	213	25,5702%	
Física, aplicada	198	23,7695%	
Química, Física	163	19,5678%	
Nanociência e Nanotecnologia	127	15,2461%	
Química, multidisciplinar	101	12,1248	
Ciência dos polímeros	45	5,4022	
Eletroquímica	39	4,6819	
Física, atômica, molecular e química	36	4,3217%	
Física, multidisciplinar	33	3,9616%	

Fonte: Adaptada de Base de dados Web of Science. Acesso em dez 2008.

Complementarmente, buscou-se identificar por meio de pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil:<sup>59</sup> (i) o número de grupos de pesquisa e de pesquisadores atuantes em N&N e respectivas áreas principais de conhecimento (AP), segundo classificação da Plataforma Lattes; (ii) instituições brasileiras às quais esses grupos estão vinculados; (iii) distribuição geográfica dos grupos de pesquisa. Da mesma forma que no procedimento anterior, procurou-se construir as estratégias de busca, adotando os termos-chave do estudo anterior de mapeamento da competência nacional em N&N, acrescentando-se, porém, alguns novos termos, devido à atualização da própria base de dados e à aderência aos temas abordados no presente estudo prospectivo.<sup>60</sup>

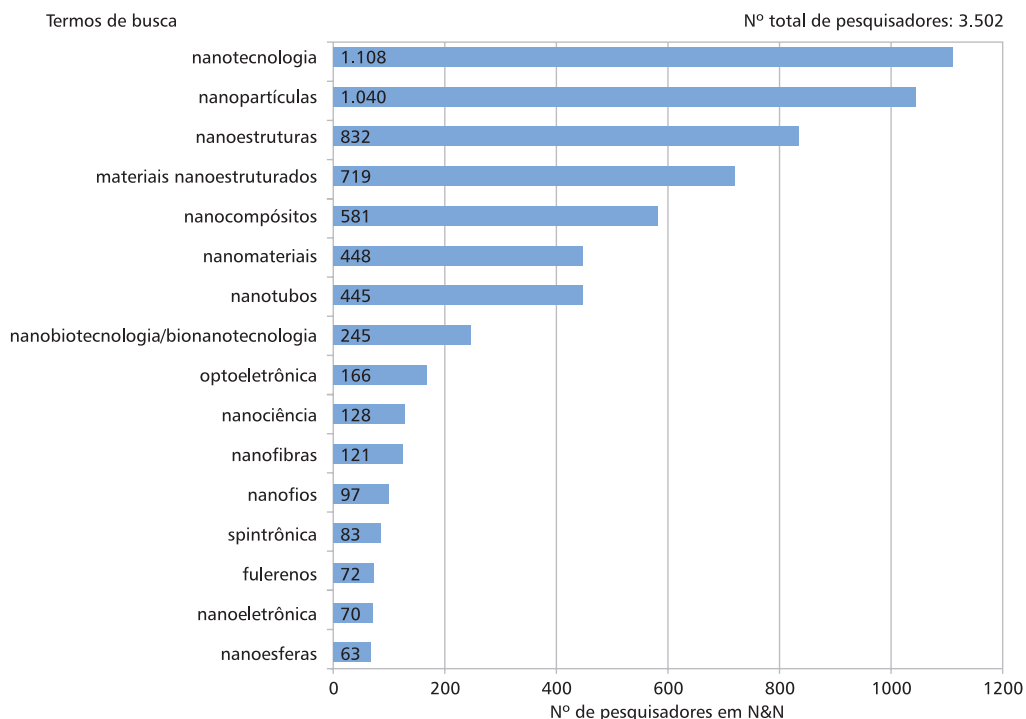
Como resultados gerais, foram identificados 3.502 pesquisadores, 469 grupos de pesquisa distintos em N&N, atuantes em 24 Unidades da Federação e em 104 instituições acadêmicas e de pesquisa (Anexo I). É importante levar em consideração que o mesmo pesquisador pode atuar em mais de um grupo de pesquisa, o que explica, em parte, a diferença entre os resultados obtidos junto à base internacional e às brasileiras. Os resultados diferentes sugerem também que o Brasil já possui uma atividade significativa em N&N, mas somente nos últimos três anos ela vem se consubstanciando em termos de publicações em periódicos indexados na *ISI Web of Science* (Figura 5.2).

A pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq, permitiu identificar 469 grupos certificados que declararam ser atuantes nas áreas de nanociência e nanotecnologia. Nesses grupos, foram identificados 3.502 pesquisadores, cuja distribuição por termo de busca é mostrada na Figura 5.5.





**Figura 5.5** Número de pesquisadores envolvidos em grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008

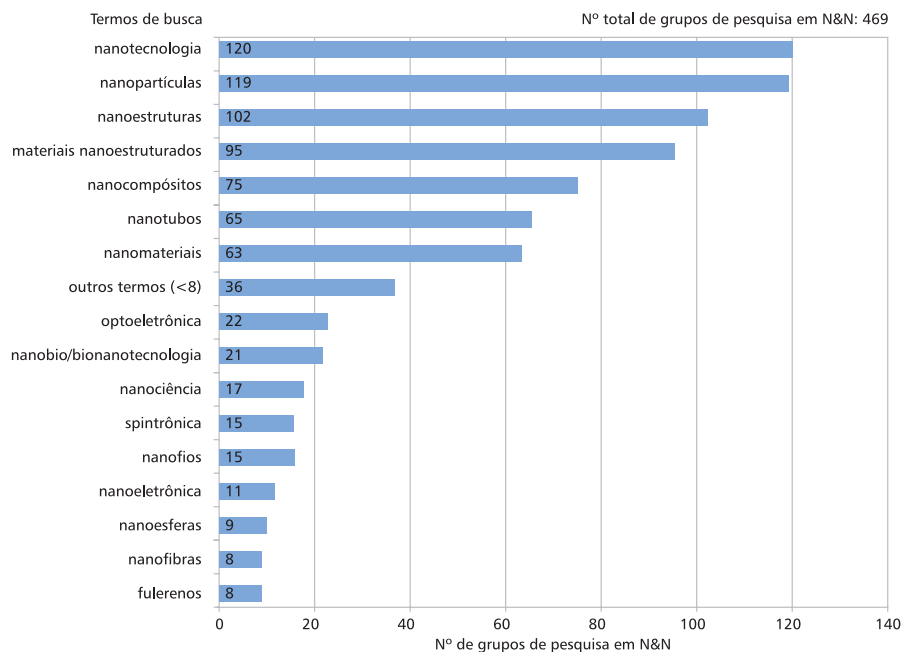


Fonte: CNPq (2008). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.

A Figura 5.5 mostra que um número bastante significativo de pesquisadores investigam nanopartículas (1040 pesquisadores), nanoestruturas (832), materiais nanoestruturados (719), nanocompósitos (581), nanomateriais (448), nanotubos (445), nanofibras (121), nanofios (97) e nanoesferas (63). Os demais termos de busca, como nanobiotecnologia, nanofotônica, nanoeletrônica, spintrônica e optoeletrônica encontram-se em uma segunda faixa de concentração, que varia de 245 a 70 pesquisadores.

A Figura 5.6 apresenta a distribuição dos 469 grupos de pesquisa em função dos termos de busca adotados pelo CGEE, considerando-se um número maior que 8 ocorrências.

**Figura 5.6** Número de grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia por termo de busca: 2008



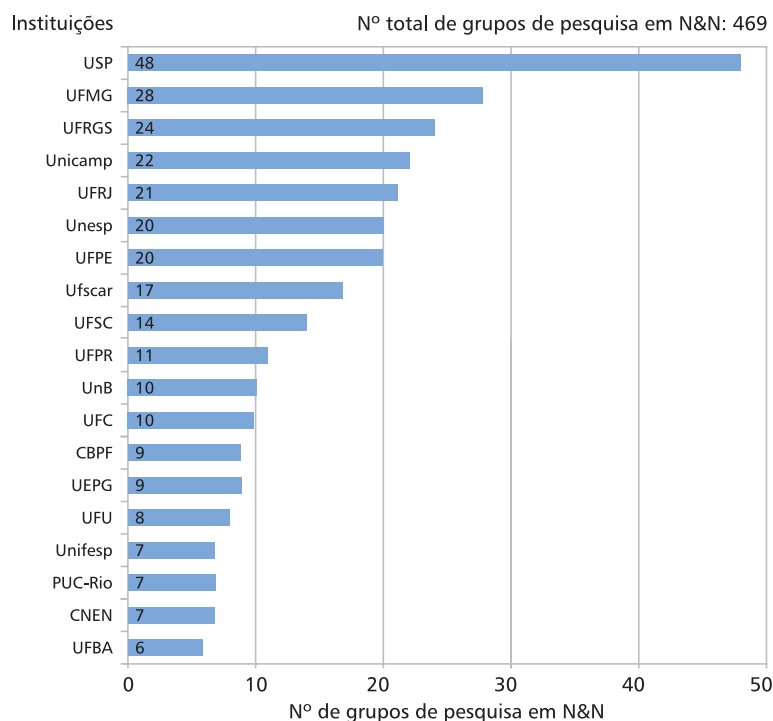
Fonte: CNPq (2008). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.

Comparando-se as informações da Figura 5.6 com as da Figura 5.5, observam-se padrões semelhantes de distribuição, com um número igualmente importante de grupos investigando nanopartículas (119 pesquisadores), nanoestruturas (102), materiais nanoestruturados (95), nanocompósitos (75), nanotubos (65) e nanomateriais (63). Em um segundo patamar, encontram-se os grupos ligados aos temas nanobiotecnologia, nanofotônica, nanoeletrônica, spintrônica e optoeletrônica, variando de 8 a 22 grupos de pesquisa.

Comparando-se ainda com as informações obtidas pela pesquisa junto à base *Web of Science* (Figura 5.2), confirma-se a maior concentração de pesquisa nos tópicos associados ao tema nanomateriais.

A Figura 5.7 apresenta o *ranking* das instituições brasileiras com mais de 5 grupos de pesquisa em N&N cadastrados na Plataforma Lattes.

**Figura 5.7** Instituições com mais de 5 grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008



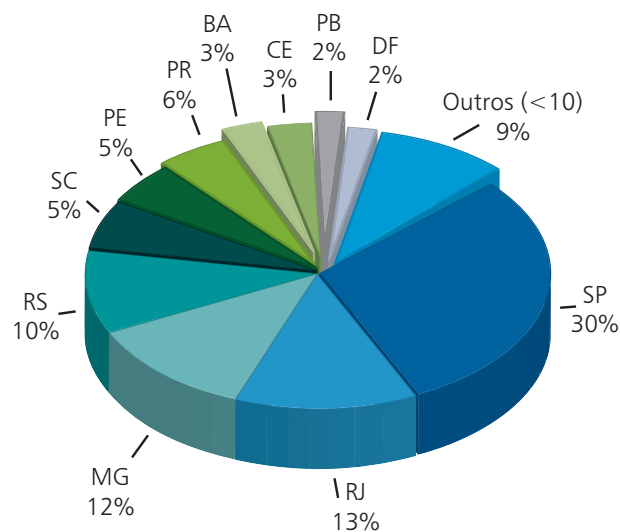
Fonte: CNPq (2008). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.

Do conjunto de 104 instituições identificadas, a Universidade de São Paulo (USP) é a instituição com o maior número de grupos de pesquisa cadastrados na Plataforma Lattes e relacionados com os termos-chave de busca empregados pelo CGEE. Seu valor é quase o dobro da segunda colocada, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Na faixa de

até 20 grupos, além das duas primeiras posições, situam-se a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A análise da distribuição geográfica da competência nacional em N&N apresentada na Figura 5.8 ressalta a posição de liderança do estado de São Paulo, que concentra 144 grupos, seguido dos estados do Rio de Janeiro (61 grupos), de Minas Gerais (54 grupos) e do Rio Grande do Sul (46 grupos).

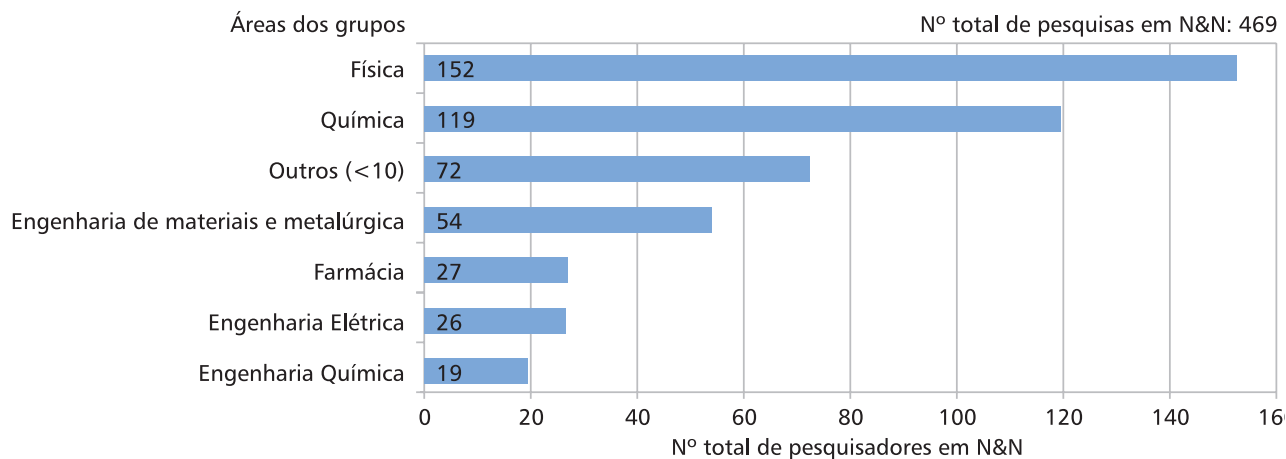
**Figura 5.8** Distribuição geográfica dos grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008



Fonte: CNPq (2008). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.

A Figura 5.9 apresenta as áreas de conhecimento principais declaradas pelos grupos, destacando-se as áreas de física, química e engenharia de materiais e metalúrgica, em um total de 33 áreas de conhecimento identificadas na pesquisa.

**Figura 5.9** Áreas de conhecimento declaradas pelos grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia: 2008



Fonte: CNPq (2008). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil.

Buscou-se nesta seção apresentar a situação atual dos grupos de pesquisa de nanociência e nanotecnologia no Brasil, baseando-se em pesquisa realizada pelo CGEE, em dezembro de 2008, que compreendeu consulta a uma base internacional (*ISI Web of Science*) e a uma base nacional (Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil).

As análises dos resultados das duas bases mostraram que o conjunto de termos-chave de busca adotados pelo CGEE para a nanociência e nanotecnologia permitiu recuperar as informações com abrangência adequada e mapear as competências nacionais nas diversas áreas de N&N e as instituições nacionais vinculadas às mesmas.

As competências nacionais concentram-se nos seguintes temas: nanopartículas, nanotubos, nanocristais, nanoestruturas, *quantum dots* e nanocompósitos. Nessas áreas, os pesquisadores brasileiros têm

apresentado um número significativo de artigos indexados, muitos desses com elevado impacto, quantificado por suas citações pela própria base internacional.

Os resultados mostram ainda que há um contingente expressivo de 3.502 pesquisadores em torno de 469 grupos de pesquisa registrados pelo Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. Avalia-se que esse conjunto constituiu uma massa crítica considerável, capaz de mobilizar e formar novos recursos humanos para fazer frente aos desafios e oportunidades de novas aplicações da nanotecnologia nos próximos anos.

Conforme apresentado nas Figuras 5.3 e 5.7, são várias as instituições que têm desempenho significativo nas áreas de N&N, dentre elas: a Universidade de São Paulo, a Universidade Estadual de Campinas, a Universidade Federal de São Carlos, a Universidade Federal de Minas Gerais, a Universidade Estadual Paulista, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Federal de Pernambuco, a Universidade Federal do Ceará, o Laboratório Nacional de Luz Síncroton e a Universidade de Brasília.

Frente aos desafios, no país, associados ao futuro de aplicações baseadas em nanotecnologias, essas instituições terão um papel muito importante na implementação das ações voltadas para o desenvolvimento da dimensão “Recursos Humanos”.

## 5.2 Infraestrutura

A infraestrutura física e político-legal, que vem dando sustentação ao progresso obtido na área de nanociência e nanotecnologia no país, foi construída ao longo dos últimos sete anos, de forma parcialmente coordenada. Do ponto de vista de infraestrutura física, não há ainda um inventário



dos equipamentos de médio e grande porte adquiridos neste período, para uso em sistemas de nanocaracterização. No aspecto de estruturas políticas que apoiam a inovação em nanotecnologia, podemos identificar e elencar um conjunto de órgãos de fomento e programas, que começam a promover editais com regularidade, tanto para a pesquisa acadêmica, como para a inovação tecnológica e desenvolvimento de produtos.

Para consolidar um sistema de apoio industrial em nanotecnologia, será necessário para o país dispor de um inventário dos principais equipamentos disponíveis, bem como de um portal apontando todas as formas de apoio de fomento, proteção à propriedade intelectual, regulação de negócios, promoção de colaboração entre *stakeholders*, entre outras ações.

A nanotecnologia certamente exige facilidades especiais, que por sua vez representam um grande investimento em equipamentos, instalações e em capacitação de recursos humanos, além de gastos expressivos em manutenção e operação das facilidades. Por essa razão, a manutenção e a melhoria do parque nacional de instrumentação exigem que se superem duas grandes barreiras: (i) o estabelecimento de parcerias justas e eficazes entre a pesquisa e a indústria; (ii) o despreparo da infraestrutura e das instalações brasileiras para atuar no setor, especialmente em nanofabricação e nanoeletrônica.

O Brasil já possui um significativo parque instrumental, caracterizado por equipamentos de médio e grande porte, constituído pela ação direta do Ministério da Ciência e Tecnologia (CBPF, LNLS) e por meio de vários programas federais e estaduais, como o PADCT, Pronex, Projetos Temáticos, Projetos de Equipamentos Multiusuários, Programas de Infraestrutura (inclusive o CTInfra) e os Institutos do Milênio. Como será discutido no item “Investimentos” desta seção, os recursos usados na aquisição dos mesmos foram resultado de financiamento de agências federais e, muitas

vezes, de Fundações Estaduais de Apoio à Pesquisa, especialmente as dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

A seguir, busca-se identificar os locais nos quais se concentram equipamentos de médio e grande porte para preparação, caracterização e manipulação de estruturas nanométricas, bem como as principais agências de fomento e seus programas que apoiam nanociências e nanotecnologias.

De uma forma geral, os principais equipamentos usados na caracterização de nanomateriais são os microscópios eletrônicos de transmissão, microscópios eletrônicos de varredura, microscópios de força atômica, sistemas para nanolitografia etc. Há pelo menos 10 instituições públicas equipadas com esses equipamentos, sendo utilizados principalmente para pesquisa básica. Essas instituições estão listadas no Quadro 5.1, com uma breve apresentação e respectivos endereços eletrônicos. Faz-se também uma menção aos laboratórios multiusuários diretamente relacionados com a nanotecnologia, apoiados pelo CNPq.

**Quadro 5.1** Instituições científicas e tecnológicas com equipamentos de médio e grande porte para nanocaracterização

Instituição	Apresentação e endereço eletrônico
Ceitec	O Centro Nacional em Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec) é um centro independente de excelência em tecnologia eletrônica, especializado no desenvolvimento e produção de circuitos integrados de aplicação específica (ASICs). Na forma de centro multiusuário, o Ceitec colabora com o desenvolvimento de produtos e processos no campo da microeletrônica, com destaque para os setores de telecomunicações, informática, entretenimento, eletrônica embarcada e de consumo. <a href="http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/">http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/</a>
CenPRA	O Centro de Pesquisas Renato Archer é uma instituição do Ministério da Ciência e Tecnologia. Tem a finalidade de desenvolver e implementar pesquisas científicas e tecnológicas no setor de informática. <a href="http://www.cenpra.gov.br/">http://www.cenpra.gov.br/</a>

*continua...*



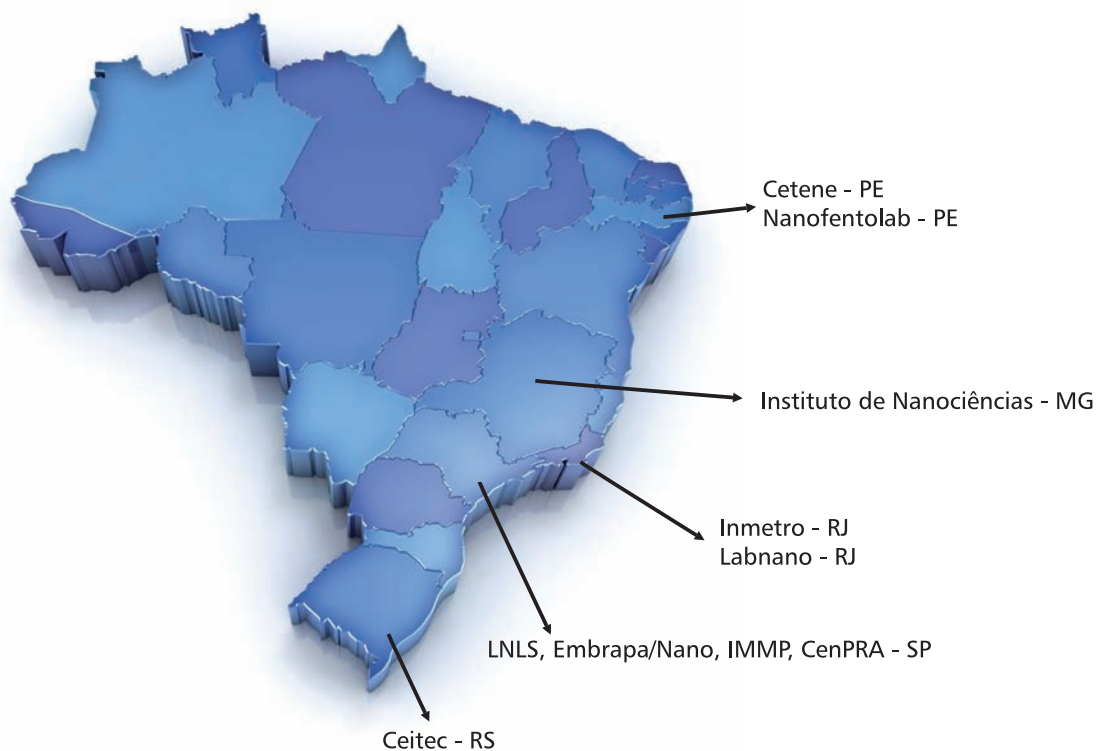


Instituição	Apresentação e endereço eletrônico
Embrapa – LNNA	Na Embrapa, foi iniciado em abril de 2006 a construção do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio. <a href="http://www.embrapa.com.br">http://www.embrapa.com.br</a>
LNLS	O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) é um laboratório aberto a usuários do Brasil e do exterior, que oferece condições excepcionais para os cientistas realizarem pesquisas com nível de competitividade mundial. Mantido com recursos financeiros do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o laboratório possui uma infraestrutura que inclui as linhas de luz com estações experimentais instaladas na fonte de luz síncrotron, microscópios eletrônicos de alta resolução, microscópios de varredura de ponta e espectrômetros de massa e ressonância magnética nuclear. <a href="http://www.lnls.br">http://www.lnls.br</a>
IMMP	O Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos congrega uma rede de pesquisadores das áreas de química, física e engenharia que atua, de forma coordenada, em pesquisas e aplicações de propriedades elétricas e/ou ópticas de materiais poliméricos. Os estudos são dirigidos especialmente à área de dispositivos eletrônicos, optoeletrônicos, fotônicos e eletroacústicos, biopolímeros aplicados à medicina e às propriedades de isolamento em redes de distribuição de energia. <a href="http://www.if.sc.usp.br/~immp/">http://www.if.sc.usp.br/~immp/</a>
Labnano	Laboratório multiusuário sediado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). <a href="http://www.cbpf.br">http://www.cbpf.br</a>
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, atua em diversas áreas, tendo recentemente recebido investimentos na área de nanotecnologia. <a href="http://www.inmetro.gov.br">http://www.inmetro.gov.br</a>
Instituto de Nanociências	O Instituto é formado por mais de setenta pesquisadores trabalhando nos seguintes tópicos em nanociências: (i) nanotubos de carbono e sistemas análogos; (ii) propriedades magnéticas de materiais nanoestruturados; (iii) compósitos e nanoestruturas orgânico/inorgânicos; (iv) nanoestruturas semicondutoras, supercondutoras, e metálicas; e (v) biomoléculas. <a href="http://www.fisica.ufmg.br/docs/nanoci/nanoproj.html">http://www.fisica.ufmg.br/docs/nanoci/nanoproj.html</a>
Cetene	O Cetene atua como agente promotor para formação de uma ampla rede de competências constituída por pesquisadores com destacada atuação nas áreas da nanotecnologia. O objetivo é estabelecer produtos ou serviços nanotecnológicos a partir do conhecimento acumulado e gerado pelas instituições de pesquisas. A ação do Cetene em busca de geração e transferência de nanotecnologias ao setor produtivo se consolida com a criação do seu Núcleo de Referência em Nanotecnologia do Nordeste. O Núcleo conta com vários grupos de pesquisadores associados distribuídos por diversas instituições de pesquisas da região Nordeste. <a href="http://www.cetene.gov.br">http://www.cetene.gov.br</a>
Laboratórios Multiusuários	Como resultado do edital 043/2006 do CNPq, foram apoiados 8 laboratórios com equipamentos de médio porte. Uma lista desses laboratórios, com suas respectivas áreas de atuação, pode ser encontrada no relatório do MCT, de dezembro de 2006. Mais 11 laboratórios foram apoiados no edital 10/2007 do CNPq.

Fonte: CNPq (2008).

A Figura 5.10 mostra a distribuição geográfica desses laboratórios.

**Figura 5.10** Distribuição geográfica das Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) com equipamentos de médio e grande porte para nanocaracterização



Fonte: CNPq (2008).

Cabe ressaltar que não foram incluídos nessa relação os diversos laboratórios que compõem a Rede NanoBrasil (10 laboratórios). Acredita-se que, em vários deles, há equipamentos de médio porte, bem como laboratórios de empresas que eventualmente tenham equipamentos para aplicação na área de nanotecnologia.

Outro aspecto a destacar é que muitos dos equipamentos desse acervo têm problemas crônicos de instalação, manutenção ou de atualização.



Adicionalmente, muitos dos equipamentos operam somente em situação de rotina, por não terem sido equipados com acessórios críticos e utilidades complementares, como por exemplo, uso de baixa e alta temperatura, refrigeração, instalação de gases, linha de alimentação “limpa”, dentre outras, que os capacitariam a alcançar uma utilização em patamares mais elevados.

As nanotecnologias constituem um conjunto diversificado de tecnologias que necessita de instrumentação avançada, desde o nível dos laboratórios de grupos até as grandes facilidades nacionais. Torna-se evidente a necessidade de equipamentos no estado-da-arte, para que as atividades de P&D e de nanometrologia, realizados no Brasil, logrem êxito e possam prover uma base sustentável para o desenvolvimento industrial.

A manutenção desses equipamentos e sua atualização, visando a incrementar sua utilização em condições mais adequadas e competitivas, deve ser objeto de linhas de ação da Agenda INI-Nanotecnologia. A aplicação de recursos nessa perspectiva poderá gerar, já no curto prazo, impactos positivos e significativos sobre as comunidades-alvo, acadêmica e industrial.

Analogamente, torna-se imprescindível a alocação de recursos para que equipamentos de grande porte possam ser disponibilizados para a comunidade, inclusive por meio de operação semi ou totalmente remota, utilizando os recursos da internet rápida. Hoje, já podem ser contabilizadas experiências no país que demonstram ser essa possibilidade factível, sendo a maior barreira de natureza cultural. A continuidade de esforços nessa direção também deverá ser objeto de proposição de ações da Agenda INI-Nanotecnologia.

Finalmente, cabe destacar que, para o funcionamento consistente da infraestrutura adequada ao desenvolvimento e comercialização de produtos e processos baseados em nanotecnologias, é fundamental a for-

mação e o treinamento de técnicos de nível superior para operação dos equipamentos complexos, manutenção preditiva e preventiva e, eventualmente, gerenciamento das atividades de instrumentação e controle da produção. Há falta de técnicos de nível superior e médio qualificados, capazes de fazer funcionar equipamentos e instrumentos de grande porte e complexidade, já adquiridos ou de aquisição futura. É essencial que o país possa contar com a atuação de profissionais capacitados para: (i) desenvolver instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala, capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos; (ii) desenvolver protocolos para testes de bio e ecotoxicidade; (iii) desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos; (iv) desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da nanotecnologia; e (v) desenvolver protocolos para controle e destruição de nanopartículas e entidades em nanoescala.

### 5.3 Investimentos e aspectos de mercado

Desde o ano de 2000, o governo brasileiro vem empreendendo esforços para a definição de um programa para o desenvolvimento e disseminação das nanociências e nanotecnologia. O governo brasileiro, entre 2000 e 2007, investiu, por meio de suas universidades e centros de pesquisa, R\$ 160 milhões na pesquisa da nanotecnologia. Somando os investimentos do setor privado, estima-se um total de R\$ 320 milhões no período.<sup>61</sup>

As primeiras ações remontam ao financiamento das primeiras redes de nanociências e nanotecnologia, pelo CNPq. Apesar dessas redes não apresentarem foco de atividade bem definido – uma consequência do pequeno volume de recursos disponível, os resultados foram fundamentais para consolidar uma atividade geograficamente descentralizada e institucionalmente coordenada em N&N. Este fato representou um novo



modelo de organização da atividade de pesquisa no país, ao reunir pesquisadores de diferentes instituições e com formações distintas, cumprindo um importante papel na formação de uma comunidade com forte atuação na área. Essas redes, juntamente com quatro dos Institutos do Milênio implantados também em 2001, representam as primeiras ações no âmbito federal no sentido de apoiar e estimular o desenvolvimento da nanotecnologia no país.

Os recursos, ainda que modestos se comparados com investimentos feitos em outros países e mesmo no Brasil nos últimos anos, permitiram que as redes se consolidassem.

Na Tabela 5.1, apresentam-se os montantes de recursos investidos pelo CNPq nas primeiras redes de N&N (Nanobiotec, Nanomat, Renami e Nanosemimat).

**Tabela 5.1** Investimentos iniciais nas redes de N&N

Valor em R\$	Ano liberação	Prazo final para utilização
3.000.000,00	2001	Out 2003
3.000.000,00	2003	Out 2004
1.800.000,00	2004	Out 2005
<b>Total: 7.800.000,00</b>		

Fonte: CNPq (2005).

Entre 2002 e 2005, as redes envolveram 300 pesquisadores, 77 instituições de ensino e pesquisa, 13 empresas, foram publicados mais de 1000 artigos científicos e 97 patentes depositadas no INPI.

No ano de 2001, foram criados os Institutos do Milênio, no âmbito do PADCT III, como uma nova alternativa para viabilizar projetos de grande porte e médio prazo, multi-institucional e com uma coordenação vir-

tual. Foram criados a partir da demanda da comunidade e alguns deles tinham sua atuação centrada em N&N. Os institutos com atuação em N&N foram contemplados com recursos superiores a R\$ 22 milhões, conforme distribuição mostrada na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2 Recursos para os Institutos do Milênio com atuação em N&N**

Instituto	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Instituto de Nanociências	6.210.692,66	Valor para 2001/03	Novembro de 2004
Instituto do Milênio de Materiais Complexos	5.765.631,20	Valor para 2001/03	Novembro de 2004
Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microsistemas e Nanoeletrônica	5.058.160,61	Valor para 2001/03	Novembro de 2004
Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos	5.433.986,78	Valor para 2001/03	Novembro de 2004
Total	22.468.471,25		

Fonte: CNPq (2004).

Os primeiros editais do CNPq que apoiaram atividades de N&N com recursos dos Fundos Setoriais (Petróleo, Energia e Verde-Amarelo) foram publicados ainda em 2003. Foram apoiados, no total, 65 projetos de pesquisa, como mostrado na Tabela 5.3, sendo que nos projetos apoiados pelo Fundo Verde-Amarelo a interação com empresas foi colocada como ponto relevante na avaliação dos projetos submetidos. Os projetos aprovados tinham sempre cooperação com pelo menos uma empresa, ainda que essas não tivessem que aportar recursos para a execução dos projetos.

**Tabela 5.3 Editais do CNPq em N&N no exercício de 2003**

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
CT-Petro/CNPq 01/2003	2.122.484,00	17 Projetos	Novembro/2005
CT-Energy/CNPq 01/2003	3.029.613,00	15 Projetos	Novembro/2005
CT-FVA/CNPq 01/2003	1.500.000,00	33 Projetos	Fevereiro/2004
Total	6.652.097,00		

Fonte: CNPq (2005).



No final de 2003, o Programa “Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia” foi aprovado pelo Congresso Nacional, no âmbito do PPA 2004-2007, com o objetivo de promover o desenvolvimento de novos produtos e processos em nanotecnologia, visando o aumento da competitividade da indústria nacional.

Em 2004, a implementação das ações do Programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” assegurou o apoio à pesquisa básica, à pesquisa cooperativa entre as ICT e empresas, além de fortalecer as redes existentes e a infraestrutura laboratorial.

Nesse mesmo ano, além do segundo termo aditivo das redes mencionado anteriormente, as ações apoiadas no âmbito do PPA 2004-2007 consideravam, pela primeira vez, os estudos sobre aspectos éticos e os impactos sociais da N&N, em particular o edital CNPq 013/2004 que tratava especificamente de estudos sobre o impacto da N&N na sociedade (Tabela 5.4).

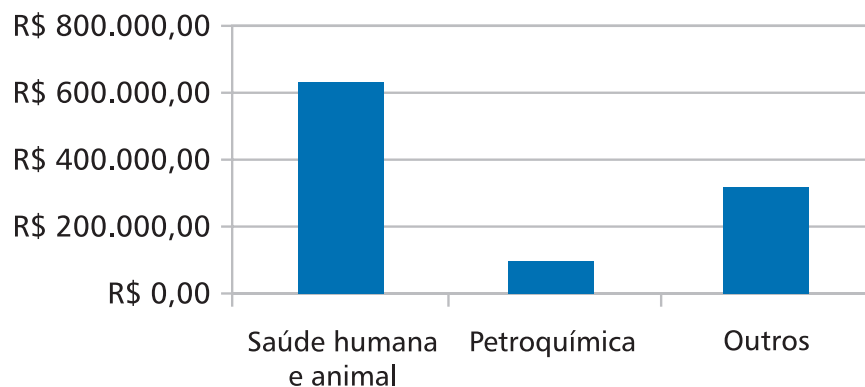
A formação da Rede Renanosoma – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, em outubro de 2004,<sup>62</sup> foi resultante desse edital e contou com recursos do CNPq e da Fapesp. Desde então, a rede organizou seminários nacionais e internacionais durante o Quinto e Sexto Fórum Social Mundial, em Porto Alegre (RS), de 2005, e Caracas (Venezuela), de 2006. Ao todo, a Renanosoma já realizou seis seminários internacionais, lançou quatro livros, realizou diferentes projetos de pesquisas e articulou-se com diversas entidades de pesquisa, ensino, organizações não governamentais e representação dos trabalhadores. Atualmente, compõe-se de 30 membros de 21 instituições.

**Tabela 5.4** Editais em N&N no exercício de 2004

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Edital MT/CNPq 012/2004	3.500.000,00	Pesquisa cooperativa – 15 Projetos	Outubro/2006
Edital MCT/CNPQ 013/2004	100.000,00	Impactos da NN – 5 Projetos	Outubro/2006
Edital MCT/Finep/FNDCT Nanotecnologia – 01/2004	930.000,00	Pesquisa cooperativa – 6 Projetos	Novembro/2006
LNLS	2.000.000,00	Ação de apoio a laboratórios e redes	-
Eventos	70.000,00	Apoio a eventos científicos	-
Total	6.600.000,00	-	-

Fonte: CNPq (2004).

O primeiro edital Finep/FNDCT/Nanotecnologia de pesquisa cooperativa, lançado com um caráter exploratório da demanda, recebeu 20 propostas, no valor de R\$ 5,32 milhões, para recursos de apenas R\$ 930.000,00, que foram distribuídos por setores da economia, conforme mostrado na Figura 5.11. Os projetos envolviam empresas principalmente da área de Saúde.

**Figura 5.11** Setores da economia atendidos no edital Finep/Nanotecnologia em 2004

Fonte: Finep (2004).



Os editais dos Fundos de Energia e Verde-Amarelo foram repetidos em 2004, e mais de R\$ 9 milhões para o apoio de projetos e redes cooperativas foram investidos em dezenas de projetos (Tabela 5.5).

**Tabela 5.5** Editais do CNPq em N&N no exercício de 2004

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
CT-Energ/CNPq 18/2004	4.115.128,45	22 Projetos	Novembro/2006
CT-FVA/CNPq 01/2003	5.000.000,00	20 Redes	Setembro/2006
Total	9.115.128,45		

Fonte: CNPq (2004).

Os investimentos em 2004 contemplaram ainda um edital RHAE (Recursos Humanos em Áreas Estratégicas), cujas informações são apresentadas na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6** Edital RHAE/Inovação em 2004

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
RHAE-INOVAÇÃO	7.100.000,00	Bolsas para áreas da PITCE	Novembro/2006
Total	7.100.000,00		

Fonte: CNPq (2004).

Em 2005, o Programa foi fortalecido com o lançamento da Política Industrial, Tecnológica e do Comércio Exterior (PITCE) e com a criação da Ação Transversal de Nanotecnologia dos Fundos Setoriais. Passou a apresentar um novo patamar de investimentos e foi lançado no dia 19 de agosto o Programa Nacional de Nanotecnologia, onde ações apoiadas pelos Fundos Setoriais se juntam às ações orçamentárias do PPA. A partir daí, os investimentos do governo federal aumentaram consideravelmente. Assim, o Programa de Laboratórios Estratégicos e Regionais com atuação na área de N&N começou a ser implantado e os recursos destinados aos Labora-

tórios Estratégicos foram concedidos ao LNLS e ao Inmetro. Foram ainda criados o LabNano no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro e o Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) em Recife, como Laboratórios Regionais, além de apoiar-se a Embrapa Instrumentação de São Carlos. Os recursos destinados para cada uma dessas instituições em 2005 estão na Tabela 5.7. Os recursos destinados ao Cetene foram liberados apenas em 2006, assim como boa parte dos recursos destinados à Embrapa, completando o total de R\$ 15.000.000,00 para os Laboratórios Regionais.

**Tabela 5.7 Recursos liberados para Laboratórios em 2005**

Laboratórios Estratégicos	Valor (R\$)
LNLS	12.000.000,00
Inmetro	14.000.000,00
Laboratórios Regionais	Valor (R\$)
Embrapa	1.000.000,00
CBPF	4.757.406,88
Total	31.757.406,88

Fonte: IDB Brasil (2006).

A Finep, baseada no sucesso do primeiro edital para N&N, lançou um novo edital em 2005, com recursos disponibilizados de R\$ 10,5 milhões. A exigência de contrapartida real por parte das empresas, inexistente no edital de 2004, levou a uma demanda de apenas R\$ 8,7 milhões para um total de 17 propostas, sendo que destas apenas 9 foram financiadas, conforme Tabela 5.8.

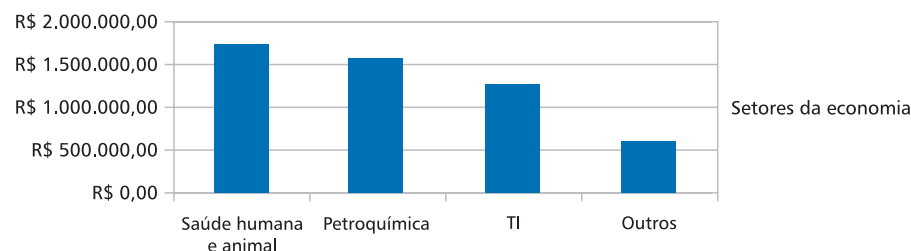
**Tabela 5.8 Editais Finep em N&N no exercício de 2004**

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Edital MCT/Finep/FNDCT Nanotecnologia – 03/2005	4.880.000,00	Pesquisa cooperativa 9 Projetos	Julho/2007
MCT/Finep/FNDCT – Microeletrônica 01/2005	8.000.000,00	8 Projetos	2008

Fonte: Finep (2004).

Os setores da economia que foram atendidos nesse edital estão apresentados na Figura 5.12.

**Figura 5.12** Setores da economia atendidos no edital Finep/Nanotecnologia em 2005



Fonte: Finep (2005).

O Programa de Redes foi retomado em 2005 com o nome de Rede Brasil-Nano, criando-se a segunda geração de redes, a partir do Edital MCT/CNPq 29/2005. Nesse ano, foi lançada uma série de outros editais, além do edital 29/2005. As redes, no total de dez, tornaram-se mais focalizadas, mas ainda não cobrem todo o universo de atividades em N&N no país.

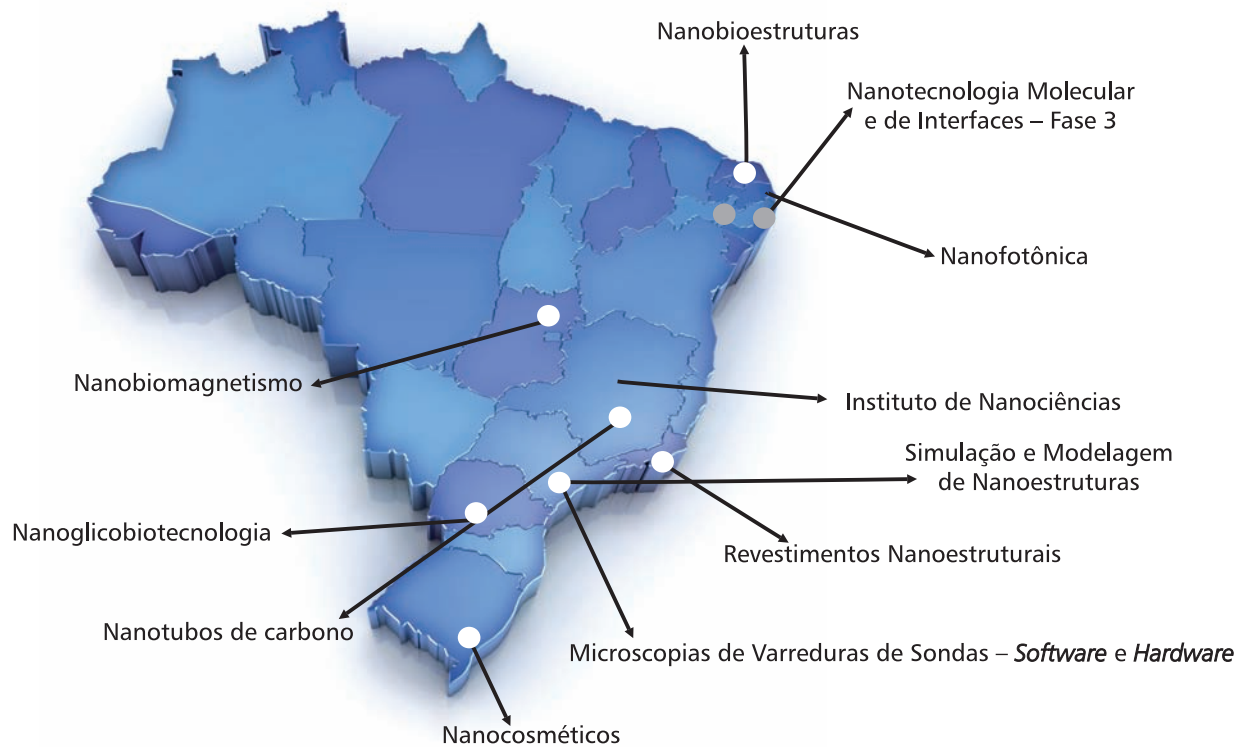
**Tabela 5.9** Editais CNPq em N&N no exercício de 2005

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Edital MT/CNPq 28/2005	3.000.000,00	Jovens Pesquisadores 19 Projetos	Outubro/2007
Edital MT/CNPq 29/2005	12.000.000,00	Rede BrasilNano 10 Redes	Outubro/2006 (primeiro ano)
Edital MT/CNPq 58/2005	1.000.000,00	Incubadoras 11 Projetos	Outubro/2006 (primeira chamada) Julho /2007 (segunda chamada)
Edital MT/CNPq 31/2005	300.000,00	Cooperação França 5 projetos	Outubro/2007
Edital MT/CNPq 01/2005	13.500.000,00	Institutos do Milênio 5 projetos	2008
<b>Total</b>	<b>29.800.000,00</b>		–

Fonte: CNPq (2005).

As sedes das redes têm uma distribuição geográfica bastante abrangente, conforme mostrado na Figura 5.13.

**Figura 5.13** Rede Brasil de N&N e Instituto do Milênio de Nanociências

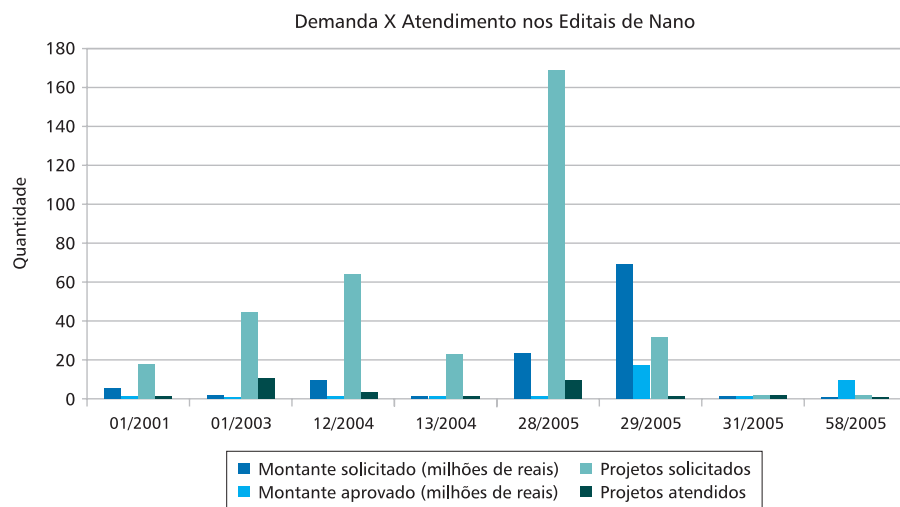


Fonte: CNPq (2005)

Apesar do aumento dos recursos alocados pelo CNPq aos editais em N&N, a demanda ainda é muito maior, como mostra o gráfico referente ao período 2001-2005 (Figura 5.14).



**Figura 5.14** Demanda em N&N por meio dos editais do CNPq no período 2001-2005



Fonte: CNPq (2001-2005)

Para os anos de 2006 e 2007, um fato importante foi a reapresentação por parte das agências de fomento, CNPq e Finep, de editais com a mesma abrangência de editais apresentados anteriormente. Assim, os editais para jovens pesquisadores e a presença da nanotecnologia nos editais da Finep se repetiram em 2006, conforme mostrado nas Tabelas 5.10 e 5.11.

**Tabela 5.10** Editais CNPq em N&N no exercício de 2006

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Edital MT/CNPq 42/2006	1.800.000,00	<i>Jovens Pesquisadores</i> 32 Projetos	Outubro/2007
Edital MT/CNPq 43/2006	3.900.000,00	Infraestrutura Laboratorial (Equipamentos Multiusuários) 8 Laboratórios	Novembro/2007
Rede BrasilNano	3.600.000,00	10 Redes	Outubro/2007 (segundo ano)
<b>Total</b>	<b>9.300.000,00</b>	-	

Fonte: CNPq (2006)

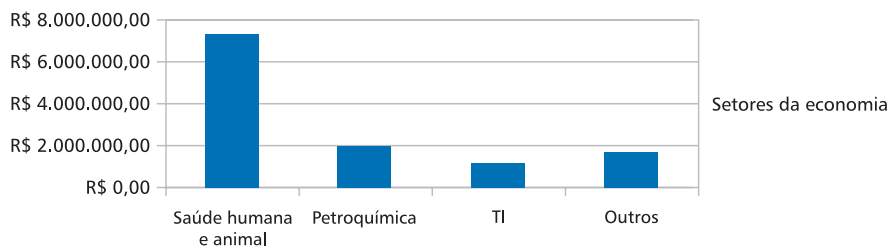
**Tabela 5.11** Editais Finep em 2006

Edital	Valor (R\$)	Observações
Chamada Pública MCT/Finep/Subvenção Econômica à Inovação – 01/2006	15.650.421,00	12 Projetos
Carta-Convite MCT/MS/Finep – Ação Transversal – Cooperação ICTs Empresas – 06/2006	3.470.776,00	10 Projetos
Total	19.121.197,00	

Fonte: Finep (2006).

Ao lado de uma nova iniciativa, a de apoio à infraestrutura laboratorial, esses foram os principais instrumentos de financiamento à N&N em 2006. Esse edital de apoio à infraestrutura laboratorial com a aquisição de equipamentos de médio porte foi rerepresentado em 2007, juntamente com o edital para apoio a jovens pesquisadores.

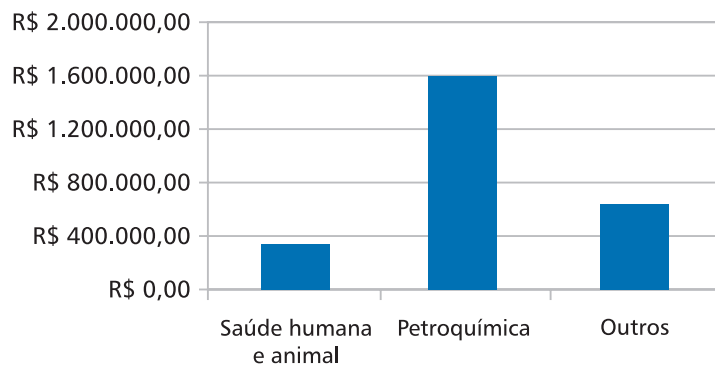
A Figura 5.15 apresenta os setores da economia atendidos na Chamada Pública para Subvenção Econômica à Inovação da Finep, no ano de 2006.

**Figura 5.15** Setores da economia atendidos na Chamada Pública para Subvenção Econômica à Inovação da Finep em 2006

Fonte: Finep (2006)

Já na Figura 5.16, apresentam-se os setores da economia atendidos na Carta-Convite para Cooperação entre ICTs e Empresas da Finep, em 2006.

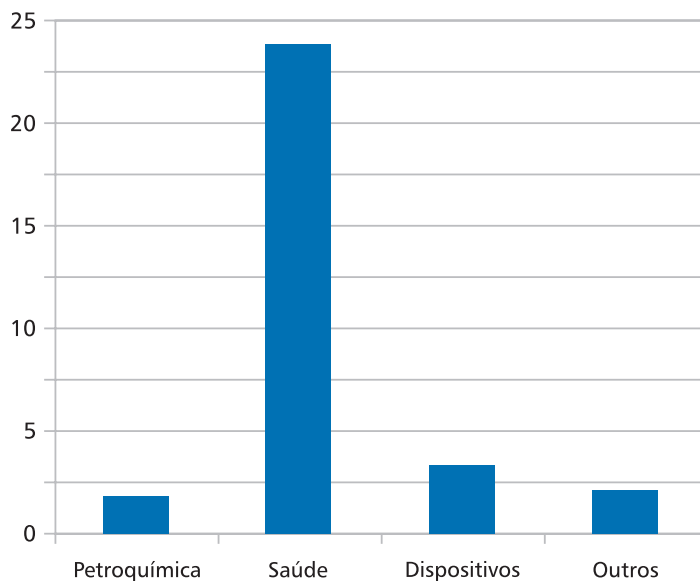
**Figura 5.16** Setores da economia atendidos na Carta Convite para Cooperação ICTs Empresas da Finep em 2006



Fonte: Finep (2006)

Em 2007, o edital de subvenção da Finep contemplou várias empresas com atividade em N&N. A Figura 5.17 apresenta os setores da economia atendidos no edital de subvenção-segunda lista da Finep em 2007.

**Figura 5.17** Setores da economia atendidos no edital de subvenção – segunda lista da Finep em 2007



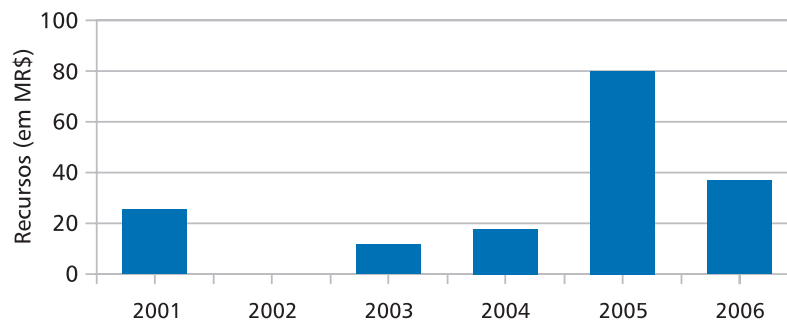
Fonte: Finep (2007)

O fato dos recursos serem destinados essencialmente a empresas dos mesmos setores da economia em todos os editais e chamadas públicas da Finep, nominalmente saúde e petroquímica, não é particularidade brasileira. Como apresentado anteriormente, esses são os setores que se destacam no mercado internacional de produtos baseados em nanotecnologias.

O montante de recursos disponibilizados pelo Governo Federal em ações de N&N, entretanto, não se limita às ações descritas anteriormente. De fato, um levantamento preliminar nos projetos aprovados na área de Física, no âmbito dos Editais Universais do CNPq, indica que aproximadamente 20% dos recursos foram investidos em projetos de N&N. Um levantamento detalhado nas demais áreas e programas do CNPq (bolsas, apoio técnico) ainda deve ser feito. Levantamento semelhante deve ser feito junto à Finep e seus editais de infraestrutura. Uma parcela significativa dos investimentos nas instituições públicas foi feita na aquisição de equipamentos e melhoria da infraestrutura para pesquisa em N&N.

Considerando apenas os investimentos do MCT em ações que levaram à elaboração do Programa Nacional de Nanotecnologia, apresenta-se na Figura 5.18 a distribuição dos recursos investidos pelo MCT em ações de N&N no período 2001-2006.

**Figura 5.18** Recursos investidos pelo MCT em ações de N&N no período 2001-2006



Fonte: MCT (2001-2006)



O máximo de desembolsos observados em 2005 corresponde ao grande investimento feito naquele ano nos Laboratórios Estratégicos e Regionais. No ano de 2007, destacam-se os dois editais do CNPq, que têm se repetido nesses últimos anos: o de Jovens Pesquisadores e o de Infraestrutura Laboratorial, conforme apresentado na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12** Editais CNPq em N&N no exercício de 2007

Edital	Valor (R\$)	Observações	Prazo Final
Edital MCT/CNPq 09/2007	3.400.000,00	<i>Jovens Pesquisadores</i>	Outubro/2009
Edital MCT/CNPq 10/2007	6.300.000,00	Infraestrutura Laboratorial (Equipamentos Multiusuários)	Novembro/2008
Rede BrasilNano	18.000,0	10 Redes	Outubro/2008 (terceiro ano)
Total	17.700.000,00		

Fonte: CNPq (2007)

O Edital MCT/CNPq 09/2007 para Jovens Pesquisadores mostra um contínuo aumento no número de projetos submetidos nesses três anos, indicando claramente o crescimento do número de pesquisadores em N&N (Tabela 5.13).

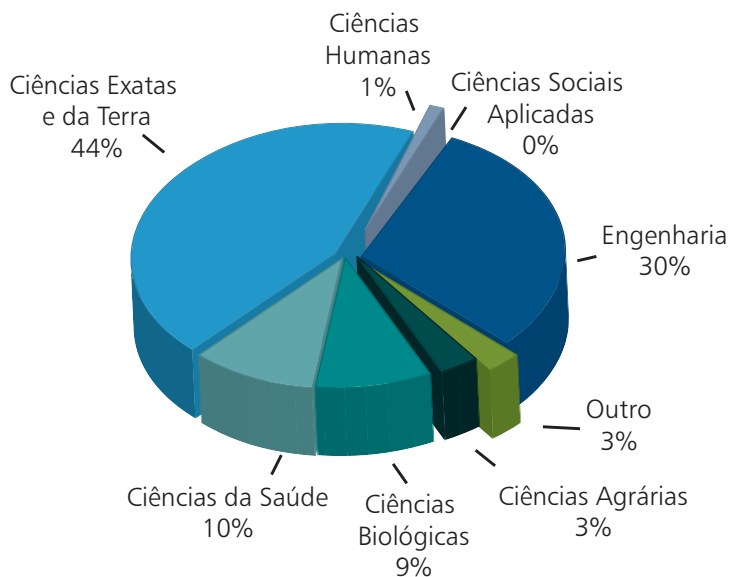
**Tabela 5.13** Indicadores de evolução no edital de jovens pesquisadores em N&N

Edital	Nº de pedidos	Projetos atendidos	Valor solicitado	Valor do edital (R\$ mi)
28/2005	179	19	32,6	3
42/2006	282	32	48	1,8
09/2007	312	43	33,8	3,4

Fonte: Edital MCT/CNPq 09/2007

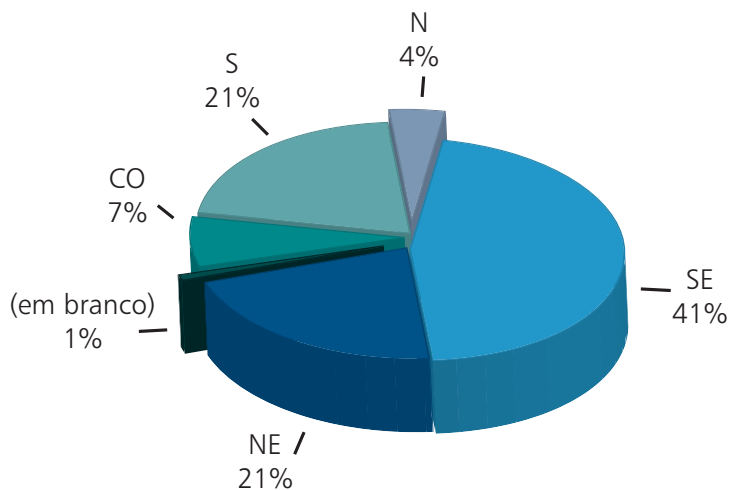
Os projetos submetidos no Edital de Jovens Pesquisadores de 2007 seguem a seguinte distribuição por área do conhecimento e distribuição regional, conforme as Figuras 5.19 e 5.20, respectivamente:

**Figura 5.19** Distribuição por área dos recursos aprovados no Edital MT/ CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento



Fonte: Edital MCT/ CNPq 09 | 2007

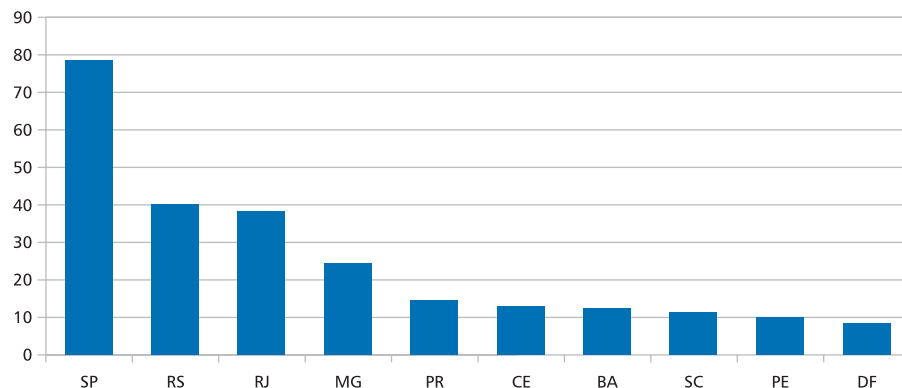
**Figura 5.20** Distribuição geográfica dos projetos solicitados por região no Edital MCT/CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento



Fonte: Edital MCT/ CNPq 09 | 2007

A Figura 5.21 mostra um gráfico com os estados da federação com maior número de pedidos no edital de jovens pesquisadores em 2007.

**Figura 5.21** Distribuição por estado do número de pedidos (> 10) no Edital MCT/CNPq 09/2007 para pesquisadores com até cinco anos de doutoramento



Fonte: Edital MCT/ CNPq 09 | 2007

O edital para infraestrutura laboratorial foi apresentado pela primeira vez em 2006 sendo repetido agora em 2007. O perfil dos dois editais está apresentado na Tabela 5.14, em que a primeira linha refere-se ao ano de 2006.

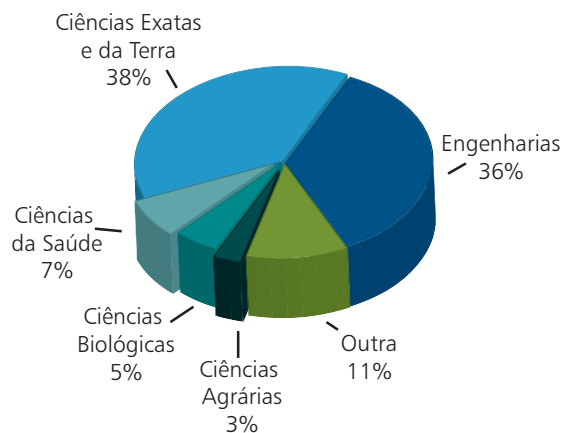
**Tabela 5.14:** Perfil das solicitações nos editais para infraestrutura laboratorial: período 2006-2007

Ano	Nº de pedidos	Projetos atendidos	Valor solicitado	Valor do edital (R\$ mi)
2006	110	8	66 milhões	3, 975 (6%)
2007	141	10	89,5 milhões	6,3 (7%)

Fonte: CNPq (2006-2007)

A Figura 5.22 mostra a distribuição por área dos recursos aprovados no Edital MCT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial.

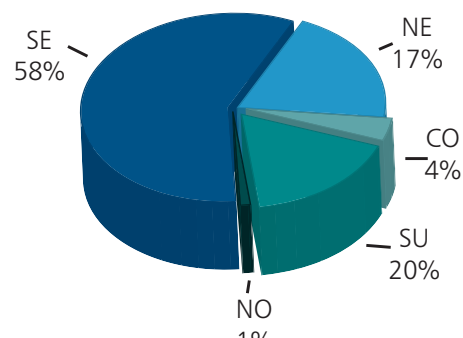
**Figura 5.22** Distribuição por área dos recursos aprovados no Edital MCT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial



Fonte: Edital MCT/ CNPq 10|2007

A distribuição por região dos recursos solicitados nesse edital e a distribuição por estado do número de pedidos (>4) dos recursos são mostradas nos gráficos das Figuras 5.23 e 5.24, respectivamente.

**Figura 5.23** Distribuição por região dos recursos solicitados no Edital MT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial

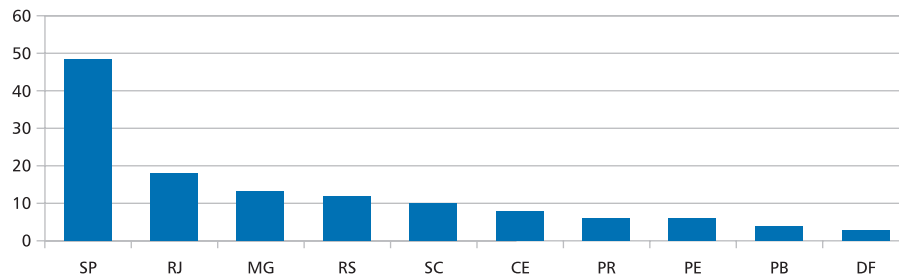


Fonte: Edital MCT/ CNPq 10|2007

Os investimentos em N&N feitos pelo governo federal estão longe de se esgotarem nas ações do Plano Nacional de Nanotecnologia. De fato, no

Edital Universal de 2004, na área de Física, cerca de 20% dos recursos foram concedidos a projetos que tinham como objeto de estudo nanotubos de carbono, nanoestruturas magnéticas, física de superfícies, entre outros, que podem perfeitamente ser classificados como em N&N. Um levantamento cuidadoso dos recursos investidos pelo CNPq e CAPES em bolsas de pós-graduação, mestrado e doutorado, pós-doutorado, no país e no exterior ainda deve ser feito para revelar os recursos investidos em estudantes com trabalho de pesquisa em N&N.

**Figura 5.24** Distribuição por estado do número de pedidos (>4) dos recursos solicitados no Edital MT/CNPq 10/2007 para infraestrutura laboratorial



Fonte: MCT/ CNPq 10|2007

Além disso, existem investimentos em N&N feitos pela Agência Espacial Brasileira (AEB) que não fazem parte dos levantamentos de dados disponibilizados na página do MCT. É importante lembrar que a Iniciativa Americana de N&N considera recursos de todos os Ministérios, o que não acontece no Brasil, em que dados de ministérios importantes, como o Ministério da Saúde, não são contabilizados no contexto da ação brasileira de N&N.

Dentre as fundações estaduais de apoio à pesquisa (FAP), a Fapesp é sem dúvida alguma a mais importante. Isso acontece não apenas pelo volume dos investimentos realizados (mais de 500 milhões de reais em 2007, sendo cerca de 150 milhões de reais em bolsas de diferentes ní-

veis), mas principalmente pela continuidade de suas políticas ao longo dos anos. No campo das N&N, a Fapesp não tem uma linha de atuação específica, entretanto, o apoio a essas atividades vem sendo feito dentro de seus programas, como Projetos Temáticos e Multiusuários, os Cepids, no apoio a pequenas empresas de base tecnológica (Pipe) etc.

Dentre as demais FAP, destaca-se a Fapemig, que agora recupera seu poder de investimento e a Faperj, que nos últimos anos consolidou a segunda posição no *ranking* das agências estaduais. A exemplo do que ocorre na Fapesp, tanto a Fapemig como a Faperj apoiam a N&N em seus diversos programas de auxílios e bolsas. Além dessas duas agências, as Fundações Estaduais da Bahia e do Ceará têm dado um importante apoio às atividades de N&N em seus estados, e o estado de Pernambuco recentemente anunciou investimentos em N&N, através da FACEPE, recuperando assim o apoio à C&T&I.

A Fapemig apóia em seu programa de redes temáticas a Rede Mineira de Nanobiotecnologia. O programa de redes de pesquisa da Fapemig visa possibilitar o acesso de diferentes grupos de pesquisa a uma infraestrutura competente e moderna montada regionalmente e a formação de redes de pesquisa é considerada como uma forma eficaz para a indução ao desenvolvimento de uma determinada área de pesquisa, bem como para o fortalecimento da capacidade instalada nas Instituições de Pesquisa.

A Faperj, ainda em 2003, criou o Instituto Virtual de Nanociência e Nanotecnologia (INN). A importante participação da comunidade envolvida com atividades de N&N revelou a relevância da área no contexto das atividades de Ciência e Tecnologia do estado do Rio de Janeiro, que viria a se consolidar com o sucesso de vários grupos, redes e pesquisadores do Estado em diferentes editais competitivos da Finep, CNPq e Faperj. Hoje pode-se afirmar que, ao lado de São Paulo, o Rio de Janeiro é um dos dois mais importantes centros de pesquisa na área. Desse modo, o incen-



tivo da Faperj passou a priorizar a nanotecnologia como área estratégica para os seus programas especiais. No que diz respeito ao incentivo, a atuação do INN ficou restrita à concessão de bolsas de Iniciação Científica, apoio técnico e de pós-doutoramento e o suporte financeiro para a realização de seminários e *workshops*.

A seguir, são apresentadas as empresas que receberam apoio por editais no período 2004-2007. No total, foram seis editais que apoiaram 72 projetos de 51 empresas. Do conjunto de empresas, quatro receberam apoio em vários projetos, porém por um único edital. São elas: Angelus Indústria de Produtos (2 projetos); Artecologia Indústrias Químicas (2 projetos); Cristália Produtos Químicos (2 projetos) e Oxiteno S.A. (5 projetos). Seis empresas tiveram seus projetos apoiados por mais de um edital, como os casos de: Biolab Sanus Farmacêutica Ltda. (6 projetos, 3 editais); Braskem S.A. (4 projetos, 4 editais); FGM Produtos Odontológicos (2 projetos, 2 editais); Indústrias Químicas Taubaté S.A. (3 projetos, 2 editais); Petrobras (3 projetos, 2 editais) e Suzano Petroquímica S.A. (2 projetos, 2 editais). As demais 41 empresas tiveram somente um projeto apoiado por um dos seis editais.

A Tabela 5.15, a seguir, apresenta uma síntese desse apoio a projetos de empresas por editais, no referido período.

**Tabela 5.15** Visão geral do apoio de empresas por editais no período 2004-2007

Edital	Nº de empresas	Nº de projetos
MCT/CNPq – 12/2004 Pesquisa Cooperativa	9	13
MCT/Finep-FNDCT – 012/2004 ICTs – Empresas	6	6
MCT/Finep/FNDCT – 03/2005 ICTs – Empresas	8	9
MCT/Finep/ FNDCT – 01/2006 Subvenção econômica	12	12
MCT/Finep – 06/2006 ICT – Empresas	5	10
MCT/Finep/ FNDCT – 01/2007 Subvenção econômica	20	22
Total	51*	72

Nota: (\*) Quatro empresas receberam apoio em vários projetos, porém por um único edital, e seis tiveram projetos apoiados por mais de um edital. Por exemplo: a Braskem S.A. tem 4 projetos em 4 editais, cada um apoiado por um edital distinto. Fonte: Finep (2004/2007)

O Quadro 5.2 apresenta as empresas e os respectivos projetos apoiados pelos seis editais do período 2004-2007.

**Quadro 5.2** Empresas apoiadas por editais no período 2004-2007

Edital	Empresa	Título
MCT/CNPq – 12/2004 Pesquisa Cooperativa  (13 projetos, 9 empresas)	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de fármacos: encapsulamento de antibacteriano e de imunossupressor em micro e nanopartículas poliméricas.
	GETEC – Guanabara Química Industrial	Desenvolvimento de catalisadores para hidrogenação de polióis: melhoria na tecnologia atual utilizada pela GETEC e prospecção de novas tecnologias.
	Associação Brasileira da Indústria de Café	Desenvolvimento do sistema sensor “língua eletrônica para avaliação de qualidade de café”.
	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Preparação de nanodispositivos de liberação controlada de antagonistas do receptor AT1, usando ciclodextrinas, lipossomas e polímeros biodegradáveis.
	Lagoa da Serra Ltda.	Utilização de lipoproteína nanoestruturada na formulação de diluidor para o aprimoramento da criopreservação de espermatozoides bovinos.
	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Desenvolvimento e produção de medicamentos na forma de nanopartículas.
	Indústrias Químicas Taubaté S.A.	Síntese de látexes híbridos reforçados com Montmorillonita para aplicação em revestimentos especiais nas áreas de papel, têxtil e de tintas.
	Indústrias Químicas Taubaté S.A.	Produção de látexes catiônicos por modificação iônica.
	Braskem S.A.	Nanocompósitos de poliolefinas.
	BioGenetics Indústria e Comércio	Desenvolvimento de sensores biológicos com aplicações no diagnóstico molecular e imunológico de doenças parasitárias e infecciosas humanas.
	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Desenvolvimento de nanodispositivos como plataforma tecnológica de formulações farmacêuticas para tratamento de doenças cardiovasculares.
	Hewlett-Packard Computadores	Fabricação de moldes para nanolitografia por impressão
	Dixtal Tecnologia Indústria e Comércio	Sensores amperométricos nanoestruturados para monitoramento em Unidades de Terapia Intensiva (UTI).
MCT/Finep- FNDCT – 012/2004  ICTs e empresas (6 projetos, 6 empresas)	Valleé S.A.	Desenvolvimento de sistemas micro e nanoestruturados com liberação controlada de vitamina B12 para aplicações veterinárias.
	Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Obtenção de nanocompósitos biodegradáveis derivados da combinação de argilominerais com blendas polietileno-amido.
	Biosintética Farmacêutica	Síntese e nanoestruturação de uma chalcona ativa para tratamento da Leishmaniose.
	Tecnidente Equipamentos Otodônticos	Desenvolvimento e implementação de brackets cerâmicos de ZrO <sub>2</sub> e Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> com adição de pigmentos.
	Cerâmica Sergipe S.A.	Revestimentos cerâmicos especiais utilizando nanomateriais.
Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Desenvolvimento de novas formulações utilizando nanodispositivos para o tratamento de doenças cardiovasculares.	

continua...



Continuação do Quadro 5.2

Edital	Empresa	Título	
MCT/Finep/ FNDCT – 03/2005	Embrarad – Empresa Brasileira de Radiações	Desenvolvimento de PP com alta força do fundido e extensibilidade por meio da síntese de nanogéis de polipropileno.	
	Natura Cosméticos S.A.	Desenvolvimento de nanocosméticos de ação antioxidante e anti-inflamatória.	
	Óssea Technology Indústria e Comércio Ltda.	Desenvolvimento de biocerâmicas nanoestruturadas, para uso clínico, como material para regeneração óssea.	
	EF Engenharia Ltda.	Nanocompósitos de borracha natural para adesivos e outros produtos.	
	ICTs – Empresas	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.	Desenvolvimento tecnológico de nanocosméticos.
		Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Desenvolvimento de nanocompósitos de poliestireno contendo argilas modificadas.
		Biocancer – Centro de Pesquisa e Tratamento de Câncer Ltda.	Desenvolvimento de sistemas nanoestruturados contendo antineoplásticos para tratamento de tumores sólidos e queratoses actínicas.
	(9 projetos e 8 empresas)	Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Síntese de nanocompósitos de polipropileno por polimerização in situ.
		Padtec S.A.	Dispositivos ópticos ultrarápidos baseados em quantum dots semicondutores.
MCT/Finep/ FNDCT – 01/2006	Chemyl – Chemyluniom Química Ltda.	Desenvolvimento de tecnologia transdérmica.	
	FK Biotecnologia S.A.	Consolidação das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação da FK Biotecnologia.	
	Suzano Petroquímica S.A.	Desenvolvimento de nanocompósitos propileno-argila: métodos de obtenção e viabilidade industrial.	
	Indústrias Químicas Taubaté S.A.	Produção de materiais híbridos nanoestruturados.	
	Nanox Tecnologia S.A.	Design de cerâmicas nanoestruturadas para aplicação em plástico.	
Subvenção econômica	FGM Produtos Odontológicos Ltda.	Desenvolvimento de materiais dentários contendo nanopartículas como carga.	
	Iorovale Indústria e Comércio de Cloro Ltda.	Pesquisa, desenvolvimento e industrialização de produtos nanoestruturados.	
(12 projetos e 12 empresas)	EMS S.A.	Nano e submicro partículas como carreadores de fármacos com alta disponibilidade farmacocinética.	
	Vigodent S.A. Indústria e Comércio	Autossuficiência na fabricação de nanocompósitos.	
	Braskem S.A.	Desenvolvimento e estudo de nanocompósitos de policloreto de vinila.	
	Itajara Minérios Ltda.	Desenvolvimento de equipamento para síntese de óxidos nanoparticulados como matéria-primas.	
	Aegis Semicondutores	Projeto de display monocromático POLED.	

continua...

Continuação do Quadro 5.2

Edital	Empresa	Título
MCT/Finep – 06/2006 ICT – Empresas  (10 projetos e 5 empresas)	Braskem S.A.	Nanocompósitos de poliolefinas.
	Embraco	Lubrificação sólida em componentes para compressores II: ferramentas para o domínio tecnológico e desenvolvimento de componentes em fase protótipo.
	Artecola Indústrias Químicas	Nanoemulsões.
	Oxiten S.A.	Argilas organofílicas para uso como cargas nanométricas em matrizes poliméricas.
	Artecola Indústrias Químicas	Microesfera e nanoesfera de poliuretano biodegradável.
	Oxiten S.A.	Metodologia analítica de investigação de tensoativos modificadores de superfícies e acoplantes para nanocompósitos e nanodispersões por EM.
	Oxiten S.A.	Aplicação de nanotecnologia para o desenvolvimento de reator tipo pilha a combustível para a produção de eteno a partir de gás natural ou biogás.
	Oxiten S.A.	Caracterização de nanodispersões de defensivos agrícolas.
	Oxiten S.A.	Tensoativos para a modificação de argilas e a fabricação de nanocompósitos poliméricos.
	FGM Produtos Odontológicos	Desenvolvimento de vidro em pó com tamanho de partícula nanométrico e submicrométrico para aplicação na área de materiais dentários.
MCT/Finep/ FNDCT – 01/2007 Subvenção econômica  (22 projetos e 20 empresas)	Cristália Produtos Químicos	Novas fórmulas farmacêuticas: nanoemulsões.
	Angelus Indústria de Produtos	Desenvolvimento de porcelanas odontológicas reforçadas com nanopartículas.
	Angelus Indústria de Produtos	Desenvolvimento de um adesivo odontológico de alto desempenho reforçado por nanopartículas.
	Internacional Científica Ltd.	Neomap 5Plex – Avaliação e implementação da nanotecnologia em triagem neonatal (teste do pezinho).
	Braskem S.A.	Resinas de alta performance em nanotecnologia.
	Magnesita S.A.	Desenvolvimento de refratários de elevado desempenho contendo adições de materiais nanoestruturados para a indústria metal-mecânica.
	WSGB Laboratórios Ltda.	Nanotecnologia e produtos cosméticos – alta eficiência, segurança e inovação.
	Chron Epigen Indústria e Comércio Ltda.	Produção de aerossóis com nanopartículas bioabsorvíveis contendo tuberculostáticos para tratamento da tuberculose.
	Excellion Serviços Biomédicos S.A.	Biomateriais nanoestruturados p/ diagnóstico e prognóstico de doenças sistêmicas, reparo e regeneração óssea: produção e validação de novas tecnologias.
	Contech Produtos Biodegradáveis	Produção de um novo ecomaterial para remediação de efluentes industriais.
	Cristália Produtos Químicos	Fabricação nacional de análogos da anfotericina B lipossomal.
	Dentscare Ltda.	Aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento e fabricação de materiais dentários diferenciados.
Magmattec	Nanotecnologia de materiais magnéticos aplicados a núcleos de transformadores e indutores utilizados em sistemas de otimização de energia.	
Steviafarma Industrial S.A.	Desenvolvimento de nanocápsulas contendo isoflavonas agliconas para melhorar a liberação e absorção do fármaco Aglycon-soy.	
Dublauto Indústria e Comércio	Incorporação de propriedades da nanotecnologia em materiais têxteis (palmilhas e forros) para calçados.	
Suzano Petroquímica S.A.	Nanocompósitos de polipropileno para desenvolvimento de embalagens ativas e inteligentes.	

continua...



Continuação do Quadro 5.2

Edital	Empresa	Título
MCT/Finep/ FNDCT – 01/2007 Subvenção econômica	Innovatech Medical Ltda.	Desenvolvimento de dilatadores vasculares – Stens.
	Kosmoscience	Desenvolvimento de nanoemulsão cosmética para alisamento de cabelos afro-étnicos.
	Idealfarma Indústria e Comércio de Produtos Farmacêuticos Ltda.	Desenvolvimento de extratos vegetais em nanocápsulas para utilização em dermocosmética.
	Leviale Indústria Cosmética Ltda.	Inovação tecnológica em formulações dermo-cosméticas: substâncias bioativas de origem natural micro e nanoestruturadas com eficácia e segurança comprovadas <i>in vitro</i> .
	Nanocore Biotecnologia Ltda.	Tratamento de superfícies com nanopartículas metálicas para desenvolvimento de tecidos inteligentes e implantes ósseos.
	Scitech Produtos Médicos Ltda.	Stents coronários recobertos com nanocarreadores magnéticos: nanotecnologia aplicada para liberação controlada de fármacos.

Fonte: Finep (2004/2007)

Ao lado de empresas como Natura, Braskem e Suzano Petroquímica, a Petrobras é uma das empresas brasileiras que já usufruem de resultados concretos gerados por pesquisas e desenvolvimento em nanotecnologia com impactos econômico e ambiental significativos. A empresa integra uma rede temática para estudar temas da área com sete universidades no Brasil e vem desenvolvendo soluções para, por exemplo, permitir que os fluidos usados na perfuração em águas profundas atuem de forma diversa conforme a situação. Quando a broca está em funcionamento, perfurando o poço, e a água está agitada, os fluidos com nanopartículas tornam-se de baixa viscosidade, facilitando o funcionamento da broca. Quando o trabalho é interrompido, o mesmo líquido com nanopartículas se torna altamente viscoso, impedindo que os resíduos da perfuração, que seriam escoados para fora, retornem e obstruam o poço. Isso é possível porque as partículas que compõem os fluidos do processo foram concebidas para se dissociarem em ambientes agitados e se conglomerarem em ambientes com baixa agitação.

O exemplo ilustra uma das inúmeras aplicações da nanotecnologia, que vem propiciando à Petrobras uma economia de US\$ 150 mil a cada para-

da de perfuração para a troca de brocas em águas profundas.<sup>63</sup> Essa aplicação de nanotecnologia pode ser considerada um caso de sucesso de inovação tecnológica em um mercado de produtos e processos baseados em nanotecnologias que, conforme apresentado anteriormente, deverá movimentar US\$ 693 bilhões até o final de 2012 e cerca de US\$ 2,95 trilhões em 2015.<sup>64</sup> No ano passado, os nanoproductos movimentaram US\$ 88 bilhões apenas nos Estados Unidos.

A nanotecnologia está na linha de frente das tecnologias de petróleo e energia por oferecer materiais com propriedades mais avançadas e processos ambientalmente corretos e menos poluidores. Dentre as características dos materiais que poderão fazer parte das aplicações de nanotecnologia para o setor de petróleo e energia, destacam-se maior leveza e resistência mecânica, propriedades antiaderentes e capacidade de autorreparo. Na área de prospecção, por exemplo, a nanotecnologia teria ainda alta capacidade de produzir materiais de perfuração mais resistentes, que forneceriam sustentação para que todo o terreno periférico ao redor dos pontos de perfuração não desmoronasse. Nessa área, outra grande demanda são os materiais de fluidificação voltados ao transporte do petróleo. Já na área de refino e processamento a ênfase recai sobre os catalisadores, que são os materiais que aumentam a rapidez e eficiência de todo o processo. A nanotecnologia pode contribuir em processos catalíticos que transformam o petróleo bruto em derivados combustíveis. Na petroquímica, nanocatalisadores de alta eficiência já estão sendo pesquisados em todo o mundo, e também deverão surgir nos próximos anos aditivos para melhorar o escoamento e evitar o entupimento dos catalisadores. Outra área estratégica no processamento de petróleo é o sensoriamento, por incluir a possibilidade de criação de sensores ultrasensíveis para detecção de contaminantes, como os transportadores de enxofre e metais pesados que envenenam os catalisadores. Esses são apenas alguns exemplos que ilustram o amplo escopo de atuação da Rede de Nanotecnologia do Petróleo.



Pela sua importância para o desenvolvimento tecnológico e industrial do setor de petróleo, gás e energia no Brasil, descreve-se, a seguir, a iniciativa da Rede Temática de Nanotecnologia do Petróleo, no contexto da criação de 38 redes temáticas pela empresa em parceria com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Por força de lei, a Petrobras tem renúncia fiscal para apoio a projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que contam com 0,5% do faturamento bruto da empresa.<sup>65</sup>

Da Rede Temática de Nanotecnologia do Petróleo, participam além de pesquisadores da Petrobras, cientistas da USP, da Universidade Estadual de Campinas e das universidades federais de Minas Gerais (UFMG), do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Bahia (UFBA). Também participam da iniciativa as universidades federais do Rio Grande do Sul (UFRS) e de São Carlos (UFSCar).

Em outubro de 2007, foi realizado o primeiro edital e diversos projetos encontram-se em fase de desenvolvimento. Os valores estimados giram em torno de 12 milhões de reais por ano. A seguir, se encontram os seguintes projetos em fase de desenvolvimento, identificados pela empresa como relevantes para suas atividades:

- nanocompósitos para produtos de interesse do setor de petróleo, gás e energia: revestimentos de tubulações e restritor de curvatura (coordenação: UFMG);
- desenvolvimento de aditivos formadores de nanoestruturas micelares em emulsões de fase inversa, com potencial de atuação como redutores de perda por arraste no escoamento de petróleo (coordenação: UFRJ);
- recobrimentos nanoestruturados para utilização em dutos, partes e peças de instalações petrolíferas (coordenação: UFRJ, participação PUC-Rio e UFMG);

- estudo de partículas nanométricas e micrométricas emitidas na exaustão de motores movidos a diesel e misturas diesel/biodiesel (coordenação: UFBA);
- seleção, purificação e caracterização de argilas bentoníticas para a obtenção de nanocompósitos poliméricos (coordenação: UFBA);
- nanocompósitos: novos tipos, rotas de obtenção e aplicações à cadeia produtiva do petróleo (coordenação: Unicamp);
- fotodetectores de infravermelho médio para detecção de CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e H<sub>2</sub>S utilizando nanoestruturas semicondutoras (coordenação: UFMG, participação PUC-Rio);
- produção de nanomateriais e desenvolvimento de sensores de gás (coordenação: UFMG, participação PUC-Rio);
- síntese e caracterização de pontos quânticos para uso em células fotovoltaicas de ultra-alta eficiência (coordenação: UFRGS, participação UFPE);
- sensores de gases baseados em óxidos semicondutores nanoestruturados: a busca pela detecção sub-ppm (parte por milhão) (coordenação: UFSCar);
- pesquisa e desenvolvimento de interfaces moleculares aplicadas à nanotecnologia do petróleo (coordenação: USP).

O envolvimento direto da Petrobras nas áreas de N&N certamente será mais um importante catalisador para o desenvolvimento dessas áreas no país, além de comprovar o seu caráter estratégico, já reconhecido pelo Governo Federal.

## 5.4 Marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade

Ao lado do crescimento esperado de novos produtos e tecnologias baseados em N&N, crescem também as preocupações sobre os riscos que elas podem provocar, particularmente aos trabalhadores, pela maior exposição



a que são submetidos em seus ambientes operacionais. Os impactos nocivos e potenciais riscos à saúde humana e animal, ao meio ambiente e até em relação ao comportamento humano ainda são pouco conhecidos.

Devido a essas e outras questões, iniciativas de normalização e de regulamentação no contexto das nanotecnologias se tornam cada vez mais importantes, para que seja possível assegurar à sociedade que o desenvolvimento industrial seja conduzido futuramente de acordo com um marco seguro, responsável e sustentável.

Antes de iniciar a discussão sobre as iniciativas em andamento no Brasil relativas às duas dimensões da INI-Nanotecnologia em foco nesta seção, são apresentados trabalhos e iniciativas internacionais relevantes, destacando-se especialmente:

- a normalização internacional pelo Comitê Técnico ISO/TC 229 – Nanotecnologias;
- os trabalhos do Grupo sobre Nanomateriais da OECD, criado em 2006;
- a proposição do código voluntário “Responsible Nanocode” pela Royal Society, Insight Investment e Nanotechnology Industries Association (NIA) no Reino Unido, em 2008;
- o lançamento do programa marco de nanoriscos intitulado “Nano Risk Framework”, fruto de um esforço conjunto do Environmental Defense Fund dos EUA e da empresa DuPont em 2007.

O Comitê Técnico ISO/TC 229 foi criado em novembro de 2005 e, inicialmente, seus trabalhos foram organizados segundo três eixos, cada um mediante seu respectivo grupo de trabalho: (i) WG1 – “Terminologia e Nomenclatura”; (ii) WG2 – “Medição e Caracterização”; (iii) WG3 – “Saúde, Segurança e Meio ambiente”. Mais recentemente, foi ampliada a atuação do Comitê com a inclusão de um novo eixo, constituindo-se na ocasião o quarto grupo de trabalho: WG 4 – “Especificações de Materiais”.

Conforme a ISO,<sup>66</sup> a normalização no campo das nanotecnologias deve incluir em seu escopo: (i) o entendimento e controle de matérias e processos em escala nanométrica, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros, em uma ou mais dimensões, em que o surgimento de fenômenos dependentes do tamanho usualmente propicia novas aplicações; (ii) a utilização das propriedades de materiais em escala nanométrica que diferem das propriedades dos átomos individuais, moléculas e matéria (*bulk matter*) para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que explorem essas novas propriedades.

Adicionalmente, o Comitê trata também do desenvolvimento de normas para “terminologia e nomenclatura” e “metrologia e instrumentação”, incluindo especificações para materiais de referência; métodos de ensaio; modelagem e simulações; e práticas de saúde, segurança e meio ambiente com embasamento científico.

No ano de 2008, a ISO, pela ação do Comitê Técnico ISO/TC 229, publicou os dois primeiros documentos sobre nanotecnologias: o primeiro, de caráter normativo, sobre termos e definições referentes a nano-objetos; e o segundo, mais técnico, sobre práticas de saúde e segurança ocupacional relevantes para nanotecnologias.<sup>67</sup>

O primeiro documento é uma especificação técnica – a ISO/TS 27687:2008, que tem como seu maior objetivo facilitar a comunicação entre organizações e indivíduos na indústria e desses com aqueles que com eles interagem. Ele representa o primeiro de uma série programada de documentos sobre terminologia e definições, que contemplarão diferentes aspectos das nanotecnologias, conforme detalhado no Quadro 5.3, a seguir. O segundo documento é um relatório técnico (*Technical Report*) baseado em informação atualizada sobre nanotecnologias, incluindo caracterização, efeitos nocivos à saúde humana e animal, avaliação de riscos de exposição e práticas de controle.





Segundo o Dr. Peter Hatto, coordenador do Comitê Técnico ISO/TC 229, a introdução crescente de novos nanomateriais nos ambientes de trabalho tem aquecido o debate em torno de temas como saúde e segurança ocupacional no contexto das nanotecnologias. Enquanto se aguardam as normas que estão sendo desenvolvidas no âmbito do ISO/TC 229, o conteúdo do Relatório Técnico ISO/TR 12885:2008 pode ser considerado de grande utilidade, pois fornece informações e conhecimentos sobre práticas de saúde e segurança ocupacional em relação às nanotecnologias.<sup>68</sup> Ainda de acordo com Hatto, esse relatório técnico será revisado e atualizado e novos requisitos de segurança deverão ser definidos, em função dos avanços do conhecimento e da experiência adquirida ao longo das trajetórias de desenvolvimento das nanotecnologias.

Além desses dois documentos, encontram-se em estágio de desenvolvimento 32 trabalhos no âmbito do referido Comitê, conforme apresentado no Quadro 4.3.<sup>69</sup> Cabe ressaltar que muitos relatórios e normas que estão sendo desenvolvidos pelo Comitê ISO/TC229 possuem caráter antecipatório e prospectivo, pois a grande maioria dos desenvolvimentos em N&N e negócios decorrentes ainda estão por acontecer.

A implementação de normas antecipatórias irá acelerar a adoção de produtos baseados em nanotecnologia, particularmente pela possibilidade de se caracterizar metodologias para avaliação dos riscos de nanomateriais e nano dispositivos e se definir métodos de ensaio adequados para dispositivos e dimensões em nanoescala.

**Quadro 5.3 Documentos normativos em desenvolvimento no âmbito do Comitê Técnico ISO/TC 229**

Código	Descrição
ISO/WD TS 10798	Nanotubos: Uso de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) em nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/WD TS 10797	Microscopia eletrônica de varredura (SEM) e análise por energia dispersiva de raios X (EDXA) na caracterização de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/DIS 10801	Nanotecnologias: Geração de nanopartículas de metal para ensaios de toxicidade por inalação, utilizando o método de evaporação/condensação.
ISO/DIS 10808	Nanotecnologias: Caracterização de nanopartículas em câmaras de exposição via inalação para fins de ensaios de toxicidade por inalação.
ISO/AWI TS 10812	Nanotecnologias: Uso de espectroscopia de Raman na caracterização de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/CD TS 10867	Nanotubos: Uso de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) combinada à espectroscopia de fotoluminescência (PL) na caracterização de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/WD TS 10868	Nanotubos: Uso de espectroscopia de absorção na região do UV-Vis-NIR na caracterização de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/CD TS 10929	Métodos de medição para caracterização de nanotubos de carbono de parede múltiplas (MWCNTs).
ISO/CD TS 11251	Nanotecnologias: Uso de análise de gás desprendido (EGA) combinada com espectrometria de massa acoplada à cromatografia a gás (GCMS) na caracterização de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/AWI TS 11308	Nanotecnologias: Uso de análise termogravimétrica (TGA) para avaliação da pureza de nanotubos de carbono de paredes simples (SWCNT).
ISO/AWI TR 11808	Nanotecnologias: Guia de métodos de medição de nanopartículas e suas limitações.
ISO/AWI TR 11811	Nanotecnologias: Guia de métodos para medições de nanotribologia.
ISO/AWI TS 11888	Determinação de fatores de forma mesoscópicos de nanotubos de carbono de parede múltiplas (MWCNTs).
ISO/AWI TS 11931-1	Nanotecnologias: Carbonato de nanocálcio. Parte 1: Características e métodos de medição.
ISO/NP TS 11931-2	Nanotecnologias: Carbonato de nanocálcio. Parte 2: Especificações em áreas selecionadas de aplicação.
ISO/AWI TS 11937-1	Nanotecnologias: Dióxido de nanotitânio. Parte 1: Características e métodos de medição.
ISO/NP TS 11937-2	Nanotecnologias: Dióxido de nanotitânio. Parte 2: Especificações em áreas selecionadas de aplicação.
ISO/AWI 12025	Nanomateriais: Grade de análise geral para determinação de conteúdos de nanopartículas em nanomateriais por geração de aerossóis.

continua...



Código	Descrição
ISO/CD TR 12802	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Grade de análise.
ISO/AWI TS 12805	Nanomateriais: Guia de especificação de nanomateriais.
ISO/AWI TS 12901-1	Nanotecnologias: Guia de segurança no manuseio e descarte de nanomateriais manufaturados.
ISO/NP TS 12901-2	Diretrizes para gestão de risco ocupacional aplicada a nanomateriais, com base na abordagem <i>control banding</i> .
ISO/AWI TR 13014	Nanotecnologias: Guia para caracterização físico-química de materiais engenheirados em nanoescala para fins de avaliação toxicológica.
ISO/AWI TR 13121	Nanotecnologias. Grade de análise para avaliação de risco de nanomateriais.
ISO/NP TS 13126	<i>Gratings</i> artificiais usados em nanotecnologia: descrição e medição de parâmetros dimensionais de qualidade.
ISO/NP TS 13278	Determinação de impurezas metálicas em nanotubos de carbono (CNTs) utilizando espectrometria de massa acoplada a plasma indutivo (ICP-MS)
ISO/DIS 29701	Nanotecnologias: Teste de detecção de endotoxina em amostras de nanomateriais em sistemas <i>in vitro</i> . Teste <i>Limulus ameboocyte lysate</i> (LAL).
IEC/AWI TS 80004-2	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 2: Termos centrais.
IEC/WD TS 80004-4	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 4: Nano-objetos de carbono.
IEC/AWI TS 80004-5	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 5: Materiais nanoestruturados.
IEC/AWI TS 80004-6	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 6: Interface bio/nano.
IEC/AWI 80004-7	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 7: Medição e instrumentação em nanoescala.
IEC/AWI TS 80004-8	Nanotecnologias: Terminologia e definições. Parte 8: Aplicações em medicina, saúde e higiene pessoal.

Fonte: ISO/TC 229

Espera-se que os esforços de normalização do Comitê ISO/TC 229 contribuam para desenvolvimentos e inovações tecnológicas nesse campo, para a aceitação pela sociedade de produtos baseados em nanotecnologias e para a expansão dos mercados atuais, para que seja possível:

- identificar hiatos tecnológicos e de conhecimento;
- identificar demandas pelo desenvolvimento de instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala;
- desenvolver métodos de ensaio capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos;
- desenvolver protocolos para testes de bio e ecotoxicidade;

- desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos;
- desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da nanotecnologia;
- desenvolver protocolos para controle e destruição de nanopartículas e entidades em nanoescala;
- desenvolver protocolos de saúde ocupacional relevantes para nanotecnologias, em particular para indústrias que utilizam nanopartículas e dispositivos em nanoescala;
- prover suporte à regulamentação nas áreas de nanotecnologia.

Na sequência, aborda-se a iniciativa do Grupo de Trabalho sobre Nanomateriais Manufaturados, criado em 2006 pela OECD (Organization for Economic Co-operation and Development).<sup>70</sup> Esse grupo tem por objetivo auxiliar os países membros a se manifestar frente ao desafio que constitui a segurança dos nanomateriais.

Frequentemente, os nanomateriais dão origem a novas formas de produtos químicos tradicionais e a OECD possui vasta experiência no desenvolvimento de métodos de medição de segurança de produtos químicos. Mesmo conscientes dos inúmeros benefícios esperados com a utilização dos nanomateriais, os países membros da OECD desejaram abordar os aspectos ligados à segurança dos nanomateriais, ao mesmo tempo em que as pesquisas sobre novas aplicações avançam. O Grupo de Trabalho reúne mais de uma centena de especialistas provenientes de governos e de outros setores interessados.

Como parte integrante do Programa de Química da OECD, o Programa de Ensaio sobre Segurança de Nanomateriais Manufaturados tem como foco o estudo das implicações do uso de nanomateriais para a saúde humana e a segurança do ambiente, com ênfase em métodos de avaliação de riscos e ensaios.



O Programa consiste em submeter a testes de segurança materiais já em uso, tais como os chamados “fulerenos” ou “buckyballs” (uma forma particular de carbono), os nanotubos de carbono e o dióxido de cério. Futuramente, outros nanomateriais se somarão a essa lista. Os nanomateriais serão submetidos a testes que visam determinar: (i) suas propriedades físico-químicas; (ii) seu potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente; (iii) sua toxicidade ambiental; e (iv) sua toxicidade com relação aos mamíferos. O Grupo de Trabalho da OECD sobre nanomateriais manufaturados gerencia esse Programa no âmbito de suas atividades sobre nanomateriais. Dois relatórios substanciais descrevendo os esforços dos governos e de outros agentes interessados por essas questões de segurança foram publicados recentemente pela OECD.

A seguir, apresenta-se uma visão geral e os antecedentes da proposição do “Nano Risk Framework”, fruto de um esforço conjunto do Environmental Defense Fund dos EUA e a empresa DuPont. Essa parceria em nanotecnologia foi anunciada em setembro de 2005, como objetivo de desenvolver um processo sistemático e disciplinado para avaliar e tratar os riscos à segurança, saúde e ambiente dos nanomateriais em vários estágios do ciclo de vida dos produtos – da origem à manufatura, uso, reciclagem ou descarte. O “Nano Risk Framework” resultante, lançado em 21 de junho de 2007, apresenta um processo completo e aplicável de seis etapas para que as organizações possam identificar, avaliar e gerenciar potenciais riscos.<sup>71</sup> Ele foi desenvolvido com o objetivo de apoiar o desenvolvimento responsável e o uso da nanotecnologia e colaborar com o diálogo global, informando sobre seus potenciais riscos. Desde então, já foram registrados mais de 3 mil *downloads* do documento por visitantes de quase 100 países em todo o mundo.

Conforme comunicado da empresa Dupont,<sup>72</sup> ao longo de 2007, o “Framework” teve seu valor reconhecido por diversas comunidades e agentes relevantes. Associações da indústria como o Painel de Nanotecnologia do Conselho Norte-Americano de Química e a NanoBusiness Allian-

ce enaltecera publicamente o documento como uma importante ferramenta que suas empresas-membro deveriam considerar. Representantes dos governos de vários países recomendaram o “Framework” como um importante elemento no processo do desenvolvimento de políticas voltadas para a nanotecnologia. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) afirmou ter-se beneficiado com o “Framework” como um item prático em seus programas envolvendo nanotecnologia e nanomateriais. Empresas de diversos tamanhos, desde *players* globais até pequenas empresas inovadoras, estão começando a usar a ferramenta na prática. A General Electric, por exemplo, endossou e recomendou o “Framework” em uma sessão pública, enquanto a companhia *startup* Nanostellar anunciou publicamente seu uso em produtos de nanocatálise. Além disso, a DuPont tornou compulsório o “Framework” em todos seus trabalhos envolvendo nanotecnologia e publicou três estudos de caso que demonstram seu uso em produtos por ela fabricados.

A quarta iniciativa em destaque nessa seção refere-se ao código voluntário denominado “Responsible NanoCode”, redigido por um Grupo de Trabalho estabelecido pela Royal Society, junto com a Insight Investment, a Nanotechnology Industries Association e a Nanotechnology KTN. O objetivo do código é estabelecer um consenso internacional sobre as boas práticas e indicar às organizações e às empresas o que podem fazer para demonstrar que geram, de modo responsável, as nanotecnologias, durante o período de avaliação de eventuais regulamentações complementares.

Os sete princípios propostos pelo “Responsible NanoCode” são: (i) cada empresa deverá assegurar que seu Conselho de Administração ou seu Órgão Dirigente é responsável pela condução e gestão de suas atividades relacionadas às implicações das nanotecnologias; (ii) cada empresa deverá engajar um diálogo com os autores da área das nanotecnologias e se mostrar receptiva às suas posições no que diz respeito ao desenvolvimento ou à utilização de produtos que se apropriam das nanotecnologias;



(iii) cada empresa deverá identificar e minimizar as fontes de risco para os empregados que manipulam produtos utilizando as nanotecnologias, em todos os estágios do processo de produção ou de sua utilização industrial, a fim de assegurar padrões elevados de segurança e de saúde no trabalho; (iv) cada empresa deverá conduzir uma avaliação detalhada dos riscos e minimizar todos os riscos públicos potenciais a saúde, segurança e meio ambiente, ligados a seus produtos, nos quais foram utilizadas nanotecnologias; (v) cada empresa deverá responsabilizar-se e reagir a toda implicação e impacto, sociais ou éticos, do desenvolvimento ou da comercialização que utilizam as nanotecnologias; (vi) cada empresa deverá adotar práticas responsáveis para a comercialização e o marketing de produtos que se valem das nanotecnologias; (vii) cada organização deverá engajar um diálogo com seus fornecedores e/ou seus parceiros comerciais para encorajá-los e estimulá-los a que adotem o Código e assegurar, desta forma, a capacidade dos mesmos de cumprir os compromissos que eles próprios assumiram no âmbito do Código.

Essa iniciativa começou em novembro de 2006, no Reino Unido, ocasião em que a Royal Society, a empresa Insight Investment e a Nanotechnology Industries Association (NIA) exploraram juntas os impactos econômicos e sociais de incertezas técnicas, sociais e econômicas ligadas às nanotecnologias. As três organizações realizaram na época um *workshop* encarregado de estimular o debate entre empresas que tivessem interesse pelas questões fundamentais relativas ao desenvolvimento das nanotecnologias. O *workshop* reuniu 17 empresas europeias com interesse comercial na área das nanotecnologias, em um espectro que cobria desde empresas dos setores alimentício e farmacêutico até aquelas de distribuição de produtos para a saúde ou artigos de vestuário. Um dos principais resultados do *workshop* foi o acordo unânime sobre a necessidade de um código de conduta voluntário para as empresas que atuavam ou pretendiam atuar no campo das nanotecnologias. O consenso era que um código de conduta deveria ser fundamentado preponderantemente sobre princípios, mais do

que sobre padrões e procedimentos. Previu-se seu desenvolvimento com a colaboração de representantes de um grupo de empresas, incluindo a BASF, Unilever e Smith & Nephew, e diversos agentes da área, como organizações não governamentais, grupos representantes de consumidores, sindicatos, como Amicus, e também representantes do governo. A Royal Society, a Insight Investment e a NIA foram então reagrupadas pela Nanotechnology Knowledge Transfer Network (a rede de transferência de tecnologia de nanotecnologias), uma iniciativa sustentada pelo Department of Trade and Industry (DTI, o antigo Ministério do Comércio e da Indústria britânico). Após um cronograma de 8 meses de desenvolvimento com ampla consulta, o Grupo de Trabalho decidiu publicar, em maio de 2008, o “Responsible Nano Code Update”, assim como informações adicionais sobre a “Responsible Nano Code Initiative”.<sup>73</sup>

Cabe destacar ainda que o financiamento para a pesquisa sobre segurança das nanotecnologias na Comunidade Europeia foi ampliado dentro do escopo do sétimo Programa-Quadro da União Europeia (7º PC), enfatizando os dados quantitativos em (eco) toxicologia, bem como sobre o desenvolvimento de testes nano específicos, a exposição e métodos de avaliação de riscos e as metodologias de análise do ciclo da vida. O 7º PC tornou-se a fonte de financiamento público mais vasta do mundo em matéria de nanotecnologia, com um orçamento total de 3,5 bilhões de euros, ou seja, cerca de 9,1 bilhões de reais.<sup>74</sup>

Os números do governo americano e os resultados da avaliação do Project on Emerging Nanotechnologies (PEN) mostram que menos de três por cento dos 1,4 bilhões de dólares do orçamento federal para a pesquisa em nanotecnologia nos EUA foram destinados à pesquisa sobre o meio ambiente, saúde e segurança. Não obstante, foi formulado um projeto de lei que irá modificar a estratégia da Iniciativa NNI, a fim de assegurar que pelo menos 10% dos fundos (150 milhões de dólares) sejam destinados à pesquisa sobre os riscos.<sup>75</sup>





No nível nacional, destacam-se as seguintes iniciativas:

- a criação da Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia ABNT/CEE-89;
- a formação da Rede Renanosoma apoiada pelo CNPq e Fapesp e o projeto engajamento público em nanotecnologia;
- a atuação do grupo de pesquisa “Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento”, da UFPR.

A Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia foi criada pela ABNT em 2007, logo depois dessa instituição ter participado de uma reunião plenária do Comitê Técnico ISO/TC 229 – Nanotecnologias, organizada pela International Organization for Standardization (ISO). Na ocasião, foram colhidos subsídios para os trabalhos da comissão brasileira, cuja atuação, por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia, seria de um comitê-espelho em total sintonia com o processo de normalização internacional nesse campo. Como resultado dessa participação da ABNT, o Brasil enviou comentários ao ISO/TMB sobre o Plano de Ação do Comitê, propondo ajustes na sua estruturação, e a instituição brasileira foi convidada a ser a anfitriã da Reunião Plenária do Comitê Técnico ISO/TC 229 em 2010.

Como comitê-espelho do ISO/TC 229, a Comissão brasileira poderá assegurar a participação do Brasil naquele fórum e reunir importantes subsídios para a elaboração de normas que o país necessita para a aplicação industrial responsável de nanotecnologias. Nessa condição, o escopo de atuação da Comissão brasileira é o mesmo enunciado pelo ISO/TC 229, descrito anteriormente nesta seção.

Para participar da Comissão, a ABNT convidou empresas, representantes do governo e de algumas das mais importantes universidades do país, mas, infelizmente, os trabalhos não têm avançado conforme as expectativas da instituição. A ABNT é membro participante do Comitê da ISO e tem sido forçada a votar sempre por abstenção, lamentavelmente.<sup>76</sup>

A segunda iniciativa brasileira aqui tratada é a formação da Rede Renanosoma – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente, com apoio do CNPq e da Fapesp. A Renanosoma foi constituída em outubro de 2004 por ocasião da realização do I Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (I Seminanosoma). A coordenação da Rede aponta que o seu maior diferencial em relação aos trabalhos das demais redes da área é o fato de tornar a nanotecnologia um objeto de reflexão e pesquisa também das ciências humanas no Brasil, além de incentivar todas as iniciativas neste sentido.<sup>77</sup> A Rede organizou, além do I Seminanosoma, seminários internacionais durante o Quinto e Sexto Fórum Social Mundial, em Porto Alegre (RS), de 2005, e Caracas (Venezuela), de 2006. Ao todo, a Renanosoma já realizou seis seminários internacionais, lançou quatro livros, realizou diferentes projetos de pesquisas e articulou-se com diversas entidades de pesquisa, ensino, organizações não governamentais e representação dos trabalhadores. Atualmente, é composta por 30 membros de 21 instituições.

O projeto em andamento da Rede Renanosoma é o “Engajamento Público em Nanotecnologia”, aprovado em edital do CNPq no fim de 2006, com início em 2007. Este projeto consiste basicamente em três “bate-papos” virtuais semanais entre pesquisadores de nanotecnologia e o público em geral interessado. Seu objetivo é informar e discutir nanotecnologia com o público não especialista. No entanto, além dessas discussões virtuais, outras atividades se agregam a este projeto, como o lançamento do DVD “Nanotecnologia, o futuro é agora”, através do qual a coordenação espera difundir ainda mais a discussão sobre nanotecnologia em diversas instituições. Outras atividades incluem a realização de inúmeras palestras sobre o tema nanotecnologia; aglutinação de voluntários e bolsistas junto ao projeto “Engajamento Público em Nanotecnologia”; e divulgação científica em geral do tema em diversos ambientes.

Além da Renanosoma, foi identificado ainda um grupo de pesquisa no Brasil com enfoque de mesma natureza, cujos membros e detalhes po-



dem ser consultados no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq.<sup>78</sup> Trata-se do Grupo “Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento”, da UFPR. Esse grupo de pesquisa tem como objetivo analisar o desenvolvimento das N&N e discutir sobre suas implicações econômicas, sociais e éticas e sobre seu papel no desenvolvimento, com foco na América Latina. Considerando o caráter transformador dessas novas tecnologias, a avaliação em tempo real de suas implicações é de fundamental importância para subsidiar a elaboração de políticas públicas que preparem os diversos setores da sociedade para transformações econômicas e sociais significativas. A divulgação científica e a discussão pública em torno das nanotecnologias são de fundamental importância nesse contexto e esses temas estão sendo amplamente discutidos nos países mais industrializados e começam a ter presença na América Latina. Os pesquisadores líderes desse Grupo de Pesquisa da UFPR vêm desenvolvendo, desde 2004, pesquisas e atividades de formação e divulgação sobre as implicações econômicas, sociais e éticas das nanotecnologias. Foram membros fundadores da International Nanotechnology and Society Network em janeiro de 2005, e fundadores da Rede Latino-americana Nanotecnologia e Sociedade (ReLANS) em novembro de 2006. Têm atuado como pareceristas na discussão do documento sobre Ética das Nanotecnologias da Comissão de Ética da Unesco.

Buscou-se apresentar iniciativas em curso no exterior e no Brasil relativas às duas dimensões da INI-Nanotecnologia em foco nesta seção, como subsídios e orientação para trabalhos futuros no país relacionados ao marco regulatório e aos impactos sociais e de aceitação pela sociedade das novas nanotecnologias.

## 6. Considerações finais



A nanotecnologia tem atraído grande interesse em diversos setores industriais e acadêmicos devido aos benefícios e diversificação que podem ser alcançados no desenvolvimento tecnológico e econômico. Nos últimos 20 anos, tornou-se possível não apenas a visualização, mas também a manipulação direta de átomos e moléculas. Com isso, tanto a nanociência quanto a nanotecnologia, ou seja, a investigação da natureza e o desenvolvimento de aplicações na escala do nanômetro (o bilionésimo de metro), tornaram-se factíveis. Sendo antes uma questão de domínio de uma dimensão espacial do que o avanço do conhecimento em uma área específica, a nanociência e a nanotecnologia (N&N), em sua convergência com áreas como a biotecnologia, materiais e instrumentação, por exemplo, têm dado origem, desde já, a novos processos industriais e novos produtos, com o surgimento de novas indústrias e novos mercados.

O grande diferencial desses materiais é potencializar propriedades físicas e químicas em concentrações extremamente reduzidas e conferir características que não eram apresentadas anteriormente por um determinado produto. Este alcance de propriedades se deve basicamente ao fato de tais estruturas possuírem dimensões nanométricas, que resultam em uma área superficial elevada, maior grau de dispersão e funcionalidades que são dependentes do tamanho da estrutura. Atualmente, em países mais desenvolvidos, são altos os investimentos e programas em nanotecnologia, considerada uma das principais áreas de fomento à P&D&I, ao lado da biotecnologia, tecnologias da informação e comunicação (TIC) e meio ambiente. Todos os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade, com alvos bem definidos e compatíveis com as características industriais do País.

De fato, cresce a cada dia o número de nanoestruturas, devido à redução das dimensões de estruturas maiores ou à formação de estruturas supra-moleculares bem definidas e de alta complexidade, capazes de desempenhar funções igualmente complexas, como indicam dados sobre o merca-

do global para as aplicações de nanotecnologia. Conforme estudo recente da BCC Research, o mercado global de nanotecnologia atingiu patamares da ordem de US\$ 11,6 bilhões em 2007 e de US\$ 12,7 bilhões em 2008. Estima-se que em 2013, o mercado alcance cifras da ordem de US\$ 27 bilhões, baseando-se em uma taxa de crescimento anual média de 16,3%.

Com relação ao mercado brasileiro, estima-se que a introdução no mercado de alguns resultados dos esforços de P&D em N&N no país poderão ocorrer dentro de poucos anos, mas em outros casos serão mais remotos. Algumas atividades como a nanofabricação, apesar de apresentarem grandes perspectivas de geração de produtos e aplicações, estão atualmente limitadas ao meio acadêmico, em algumas universidades e centros de pesquisa que realizam pesquisa e desenvolvimento de técnicas de fabricação, análise e aplicações em dispositivos eletrônicos, sensores, peneiras, canais para fluídica e membranas. O levantamento no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil confirma que há somente 4 grupos de pesquisa nesta área, a saber: “Tecnologias de micro e nanofabricação” da Unicamp (SP); “Nanofabricação” do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ); Laboratório de Nanociência e Nanofabricação da USP (SP) e Laboratório de Microanálises do Consórcio Física-Geologia Química da UFMG (MG).

No setor de energia, o Brasil é favorecido por sua extensão territorial, por possuir recursos como luz solar intensa em grande parte de seu território e uma comunidade científica atuando há vários anos na área de desenvolvimento de novos materiais e dispositivos. É previsto que o país poderá atuar e competir fortemente nesse setor no mercado internacional, empregando nanofibras, nanotubos de carbono e outros inorgânicos em dispositivos funcionais de geração, armazenamento e transporte de energia. Tais dispositivos representam uma alternativa ambientalmente correta para o setor de energia, em especial para o segmento de combustíveis baseados em fontes renováveis e que não envolvem geração de subprodutos, além de corrente elétrica e calor.



Três outros mercados, nos quais o Brasil tem interesse estratégico são: produtos farmacêuticos, químicos e cosméticos, seja pelas dimensões e demanda de seu mercado interno (setor quimiofarmacêutico), seja pela existência de grandes grupos empresariais nacionais (setores químico e de petróleo e gás natural) ou ainda pela sua megabiodiversidade (setores farmacêutico e de higiene e cosméticos) Nesses mercados, a N&N pode contribuir com importantes inovações a serem incorporadas durante as próximas décadas.

Outra área de grande relevância para o Brasil refere-se às agroindústrias. O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos nesse campo é vasto, cobrindo desde materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas com menor impacto ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto.

Com relação à nanobiotecnologia, em geral, prevê-se que o Brasil possa ocupar em médio prazo uma posição competitiva bastante favorável em tópicos específicos, como as já citadas aplicações em agricultura; imageamento molecular e materiais nanoestruturados biocompatíveis para aplicações em diversos campos da medicina.

Deve-se notar, porém, que os produtos nanotecnológicos não se limitam à gama dos chamados produtos de alta tecnologia, mas compreendem todos aqueles em que novas propriedades estão associadas aos materiais com dimensões críticas que se situam na faixa de dezenas de nanômetros. Assim, no Brasil já são comercializados atualmente produtos de uso cotidiano, por exemplo, tecidos resistentes a manchas, protetores solares, vidros autolimpantes e vários tipos de revestimentos baseados em processos nanotecnológicos. Essa característica tem significado especial para os países em desenvolvimento, ao contrário da revolução da microeletrônica, na qual os países em desenvolvimento podiam contemplar a possibilidade de exportar *commodities* e importar computadores e celulares.

Prevê-se que a nanotecnologia estará presente até mesmo em indústrias mais tradicionais, tornando processos de produção mais baratos, menos agressivos ao meio ambiente e de menor consumo energético, além de oferecer produtos mais funcionais e de maior valor agregado. Por outro lado, o alto grau de inovação associado a futuras mudanças em produtos e processos industriais geradas pelo avanço das nanotecnologias emergentes poderá causar a obsolescência de diversos produtos e processos que hoje estão em uso. Como área portadora de futuro, espera-se que a nanotecnologia contribua de forma significativa para o desenvolvimento industrial do Brasil, o que significa avaliar e antecipar sua participação futura em todos os estágios da cadeia de valor, conforme definição da Lux Research. Tais contribuições vão desde inovações radicais em áreas emergentes do conhecimento, abrindo-se espaços para um posicionamento futuro de destaque para o país, até inovações incrementais voltadas para setores tradicionais da indústria brasileira, tornando-os mais sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Frente ao largo espectro de oportunidades e desafios e em conformidade com as metas estabelecidas no Programa Mobilizador em Nanotecnologia que integra a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), por solicitação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), desenvolveu o estudo do “Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil” com o objetivo de fornecer uma visão da cena atual no que diz respeito às seis dimensões da INI-Nanotecnologia, considerada fundamental como marco inicial para as análises que integram o “Estudo Prospectivo da INI-Nanotecnologia”.

## Notas

<sup>57</sup> CNPQ (2008). **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br>>. Acesso em dez 2008.

<sup>58</sup> Alves, O. L. (2005). **Atividade prospectiva em nanotecnologia**: mapeamento da competência nacional em nanociência e nanotecnologia nos últimos 10 anos (1994 -2004). Mimeo. Campinas, fev 2005. 23 p.





## 7. Referências bibliográficas



- AGÊNCIA CT (2008). **Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes (C2Nano) será inaugurado hoje**. Agência CT. Disponível em: <<http://inovabrasil.blogspot.com/2008/03/centro-de-nanociencia-e-nanotecnologia.html>>. Acesso em dez 2008.
- ALVES, O. L. (2005). **Atividade Prospectiva em Nanotecnologia**: Mapeamento da Competência Nacional em Nanociência e Nanotecnologia nos últimos 10 anos (1994-2004). Mimeo. Campinas, fev 2005. 23 p.
- AMERICANO, A. C. (2008). Petrobras usa nanotecnologia e economiza na perfuração. **Gazeta Mercantil**, 11 de setembro de 2008, Caderno C, p. 2.
- BATTELLE Memorial Institute and Foresight Nanotech Institute (2007). **Productive Nanosystems**: A Technology Roadmap. Disponível em: <[http://www.foresight.org/roadmaps/nanotech\\_roadmap\\_2007\\_main.pdf](http://www.foresight.org/roadmaps/nanotech_roadmap_2007_main.pdf)>. Acesso em jul 2008.
- BCC Research (2008). **Nanotechnology**: A Realistic Market Assessment. Report ID: NANO31C. Wellesley, MA: BCC Research Ltd. May 2008. 254 p.
- BCC Research (2007). **Nanotechnology in Energy Applications**. Report ID: NANO44A, Wellesley, MA.:BBC Research Ltd. Mar 2007.
- BCC Research (2006). **Nanocomposites, Nanoparticles, Nanoclays and Nanotubes**. Report ID: NANO21C, Wellesley, MA: BCC Research Ltd. June 2006.
- BCC Research (2006). **Nanotechnology in Environmental Applications**. Report ID: NANO39A, Wellesley, MA.: BBC Research Ltd. May 2006.
- BCC Research (2005). **Nanomaterials Markets by Type**. Report ID: NANO 40A. Wellesley, MA.: BCC Research Ltd. Dec 2005.

- BCC Research (2005). **Nanotechnology for Life Science Applications**. Report ID: NAN038A, Wellesley, MA.:BBC Research Ltd. Oct 2005.
- BCC Research (2005). **Nanotechnology for Photonics**. Report ID: NAN036A, Wellesley, MA.: BBC Research Ltd. March 2005.
- BCC Research (2004). **Nanomaterials in Nanoelectronics**. Report ID: NAN030A, Wellesley, MA.: BBC Research Ltd. Jan 2004.
- Brasil (2004). **Decreto que regulamenta a Lei nº 10.973**, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e dá outras providências.
- CGEE (2008). **Relatório Intermediário INI-Nanotecnologia**. Mimeo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Fev 2008.
- CGEE (2005). **Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia: NanoDelphi**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2005.
- CIENTIFICA (2008). **The Nanotechnology Opportunity Report**. Executive Summary. Third edition. June 2008. London: Cientifica Ltd. 49 p.
- CIENTIFICA (2007). **Half Way to the Trillion Dollar Market?** A critical review of the diffusion of nanotechnologies. London: Cientifica Ltd. 10 p.
- CNPQ (2008). **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br>>. Acesso em dez 2008.
- COSTA, P. B. (2008). **Normalização como fator de agilização das informações nanotecnológicas**. Palestra proferida na Nanotec 2008



- em São Paulo, novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.abnt.org>>. Acesso em dez 2008.
- CROW, M. M.; SAREWITZ, D. (2001). Nanotechnology and societal transformation. In: **Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology**, M. C. Roco and W. S. Bainbridge, Eds., Kluwer Academic, Boston, Mass, 2001. pp. 55–67.
- DURAN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. (2006). **Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber Editora, 2006. 208 p.
- DUPONT Brasil (2008). **Press Release 2008**. Disponível em: <[http://www2.dupont.com/Media\\_Center/pt\\_BR/news\\_releases/2008/nano\\_risk\\_framework.html](http://www2.dupont.com/Media_Center/pt_BR/news_releases/2008/nano_risk_framework.html)>. Acesso em dez 2008.
- ESPICON Business Intelligence (2007). **Nanotechnology: Players, Products & Prospects to 2015**. Nov, 2007.
- FERNANDES, M. F. M. (2007). **Um Panorama da Nanotecnologia no Brasil (e seus Macrodesafios)**. Dissertação de mestrado. História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 01 de Julho 2007. 271 p.
- FRONZA, T. (2006). **Estudo Exploratório de Mecanismo de Regulação Sanitária de Produtos Cosméticos de Base Nanotecnológica no Brasil**. Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dez 2006. 90 p.
- GALEMBECK, F. e RIPPPEL, M. M. (2004). Estratégias institucionais e de empresas. In: **Estudos Estratégicos: Nanotecnologia**. NAE. CGEE. Brasília, 2004.

- HATTO, P. (2007). **An Introduction to Standards and Standardization for Nanotechnologies**. Chairman UK NTI/1 and ISO TC 229 Nanotechnologies Standardization Committees. Disponível em: <[www.bsi-global.com](http://www.bsi-global.com)>. Acesso em: jul 2008.
- HAUPTMAN, A.; SHARAN, Y. (2006). **Envisioned Developments in Nanobiotechnology**: expert survey. Disponível em: <[http://www.nano2life.org/download/n2l\\_expert\\_survey\\_results\\_1.pdf](http://www.nano2life.org/download/n2l_expert_survey_results_1.pdf)>. Interdisciplinary Center for Technology Analysis and Forecasting (ICTAF) at Tel-Aviv University. Fev 2006. 39 p.
- ISO (2007). **ISO/TC 229 Business Plan**. Final version. International Organization for Standardization. Apr 2007. 14 p. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: dez 2008.
- ISO (2008). **ISO/TS 27687:2008**. Nanotechnologies: Terminology and Definitions for Nano-objects (Nanoparticle, Nanofibre and Nanoplate). Disponível em: <<http://www.iso.org>>.
- ISO (2008). **ISO/TR 885:2008**. Nanotechnologies: Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies. Disponível em: <<http://www.iso.org>>.
- ISO (2009). **New ISO Technical Report for safer manufacturing and handling of nanomaterials**. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1191>>. Acesso em jan 2009.
- KANNO, M. (2008). **Sobre a Renanosoma**. Jan 2008. Disponível em: <<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br>>. Acesso em dez 2008.
- LEDO, J. C. (2007). **Questões Bioéticas Suscitadas pela Nanotecnologia**. Dissertação de mestrado. Centro Universitário São Camilo. Jan 2007. 99 p.



- LQES (2008). **Riscos Potenciais Ligados às Nanotecnologias:** financiamentos para pesquisa, Europa está na frente dos Estados Unidos. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news)>. Acesso em dez 2008.
- LUX Research (2004). **Statement of Findings:** Sizing Nanotechnology's Value Chain. Executive summary, oct 2004. 31 p.
- MARCHESE, R. C. (2008). Declaração de Ronaldo de Castro Marchese, diretor da Nanotec, em 11 set 2008. Disponível em:<<http://www.administradores.com.br/noticias>>. Acesso em dez 2008.
- MARQUES, R.; VAZ, A. (2007). **Briefing da Nanotecnologia no Brasil.** ABDI. CGEE. Mimeo. Brasília, 27 jul 2007.
- MCT (2007). **Documento Resumo do PNN.** Ministério da Ciência e da Tecnologia. Brasília, nov. 2007.
- MCT (2006). **Relatório Nanotecnologia:** Investimentos, Resultados e Demandas. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Brasília, junho de 2006. Disponível em: < <http://www.mct.gov.br>>. Acesso em jul 2008.
- MCT (2006). **Programa Nacional de Nanotecnologia.** 2006. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Brasília, junho de 2006. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em jul 2008.
- MCT (2007). **Iniciativas do MCT em Nanotecnologia.** Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. SETEC e Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias – CGNT. 2007. Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MDIC (2008). **Política de Desenvolvimento Produtivo.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Brasília, maio de 2008. Dis-

ponível em: <<http://www.mdic.gov.br/pdp/arquivos.destswf1212125941.pdf>>. Acesso em nov 2008.

NANOTECHNOLOGY Knowledge Transfer Network (2008). **Responsible Nano Code Update**. Disponível em: <<http://www.responsiblenanocode.org>>. Acesso em dez 2008.

NEL, A. et al. (2006). Toxic potential of materials at the nanolevel. **Science**, vol. 311, nº 5761, pp. 622–627.

NNCO (2007), **Nanotechnology and the environment**: report of a National Nanotechnology Initiative workshop (May 8-9, 2003). Arlington, VA: National Nanotechnology Coordination Office. Fev 2007. 66 p.

OCDE (1997). **Manual de Oslo**. Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. 2ª edição. Traduzido em 2004 sob a responsabilidade da Financiadora de Estudos e Projetos – Finep. Rio de Janeiro: Finep, 2004. 136 p.

OECD (2008). **Safety of Manufactured Nanomaterials**. Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN). Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em dez 2008.

PHAAL, Farrukh and Probert (2004). Customizing Roadmapping. **Research Technology Management**, March – April 2004, pp. 26-37.

RATNER, M.; RATNER, D. (2003). **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big idea**, Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc., 208 p.





- REDE Renanosoma (2008). **Rede Renanosoma**. Disponível em: <<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal>>. Acesso em dez 2008.
- RNCOS (2008). **Nanotechnology Market Forecast till 2011**. Delhi: RNCOS E-Services Pvt Ltd. Apr 2008. 139 p.
- ROCO, M. C. (2003). Broader societal issues of nanotechnology, **Journal of Nanoparticle Research**, vol. 5, nº 3-4, pp. 181-189.
- ROCO, M. C.; WILLIAMS, S.; ALIVISATOS, P. (Eds.). (1999). **Nanotechnology Research Directions: vision for nanotechnology in the next decade**. Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering, and Technology Workshop Report. Disponível em: <<http://www.wtec.org/Loyola/nano/IWGN>>. Research Directions. Acesso em jul 2008.
- ROMERO, T. (2008). **Mais dinheiro no fundo do poço**. Fapesp. Edição especial de 30 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/materia/8903/especiais/mais-dinheiro-no-fundo-do-poco.htm>>. Acesso em dez 2008.
- ROSSI-BERGMANN, B. (2008). A Nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **Ciência e Cultura**. v. 60 nº 2. São Paulo. 2008.
- SANTOS, L. A. (2008). **Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia: uma análise preliminar**. Dissertação de mestrado em Administração. Programa de Pós-graduação em Administração. Instituto Coppead de Administração da UFRJ. Rio de Janeiro, 30 de setembro de 2008. 194 p.
- SCIENCE-METRIX (2008). **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, 185 p.

- TEAGUE, E. C. (2004). **Responsible Development of Nanotechnology**, National Nanotechnology Coordination Office, Apr 2004. Disponível em: <[http://www.technology.gov/OTPolicy/Nano/04/0402\\_TeagueInfocast.pdf](http://www.technology.gov/OTPolicy/Nano/04/0402_TeagueInfocast.pdf)>.
- THE Freedonia Group (2007). **World Nanomaterials to 2011**. Study # 2215. Cleveland, OH: The Freedonia Group. Aug 2007, 473 p.
- THE Royal Society and the Royal Academy of Engineering (2004). **Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties**. London, July 2004, pp. 26-7. Disponível em: <<http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>>. Acesso em jul 2008.
- THE United States Department of Agriculture (2003). **Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems**.
- THOMPSON Scientific Information. **ISI Web of Science** (2008). Disponível em: <<http://go5.isiknowledge.com>>. Acesso em dez 2008.
- VAN DEN KOKEN, F. S. C. (2006). **Nanotecnologia no Agronegócio: um estudo econômico do uso da língua eletrônica na cafeicultura**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Economia – PPGECO. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 22 de agosto de 2006.
- WARHEIT, D. B. (2004). Nanoparticles: health impacts? **Materials Today**, vol. 7, nº 2, pp. 32-35, 2004.
- WILLYARD, C. H.; MCCLEES, C. W. (1987). Motorola's technology roadmap process, **Research Management**, Sept.-Oct. 1987, pp. 13-19, 1987.



472

472

C470

# Anexo I

Grupos de Pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Grupo de Óptica e Materiais	Ufal	AL	Física	4
Grupo de Catálise e Reatividade Química	Ufal	AL	Química	5
Grupo de Pesquisas em Materiais de Engenharia	Ufam	AM	Engenharia Civil	10
Física da Matéria Condensada	Ufam	AM	Física	8
Grupo de Química Teórica e Prospecção de Substâncias Bioativas	Ufam	AM	Química	6
Estudo, Caracterização e Desenvolvimento de Novos Materiais	Uneb	BA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
Grupo de Pesquisa em Processos de Fabricação e Materiais	Senai/DR/BA	BA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Optelo – Grupo de Optoeletrônica Orgânica	Univasf	BA	Engenharia Elétrica	3
Sensores e Atuadores	Ufba	BA	Engenharia Elétrica	5
Laboratório de Pesquisa em Matéria Médica - Lapemm	Ufba	BA	Farmácia	4
Grupo de Estrutura Eletrônica de Novos Materiais	Uefs	BA	Física	5
Grupo de Nanoestruturas Moleculares e Materiais Nanoestruturados	Ufba	BA	Física	6
Grupo de Síntese e Caracterização Óptica de Materiais	Univasf	BA	Física	2
Propriedades Físicas de Materiais Micro e Nanoestruturados	Univasf	BA	Física	2
Microbiologia Ambiental: Bioprospecção e Nanobiotecnologia	Uefs	BA	Microbiologia	8
Grupo de Pesquisa em Polímeros	Ufba	BA	Química	1
CIEnAm – Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente	Ufba	BA	Química	16
Grupo de Pesquisa em Catálise e Materiais	Ufba	BA	Química	5
Grupo de Pesquisas em Materiais Avançados e Poliméricos	Uneb	BA	Química	5
Tecnologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente na Região do Cariri/CE	UFC	CE	Engenharia Civil	12
Desenvolvimento de Materiais	UFC	CE	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	3
Produtos Naturais Aplicados à Saúde	Unifor	CE	Farmácia	20
Espalhamento de Luz e Medidas Elétricas	UFC	CE	Física	8
Grupo de Pesquisa em Caracterização de Materiais por Difração de Raios-X	UFC	CE	Física	1
Sistemas de Baixa Dimensionalidade	UFC	CE	Física	4
Biologia Pós-genômica, Computacional e de Sistemas Nanoestruturados	Uece	CE	Genética	9
UNIFAC – Pesquisa Pré-clínica e Clínica de Fármacos e Medicamentos	UFC	CE	Medicina	34

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Físico-Química Orgânica	UVA-CE	CE	Química	8
Langmuir – Laboratório de Adsorção e Catálise	UFC	CE	Química	3
Química de Polímeros	UFC	CE	Química	11
Química de Biopolímeros	UFC	CE	Química	2
Genaqua – Grupo de Estudos em Genética e Ecologia de Organismos Aquáticos	UFC	CE	Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca	6
Biologia Estrutural de Células Germinativas	UnB	DF	Bioquímica	8
Laboratório de Dispositivos e Circuitos Integrados	UnB	DF	Engenharia Elétrica	13
Laboratório de Projeto de Circuitos Integrados	UnB	DF	Engenharia Elétrica	6
Laboratório de Tratamento de Superfícies e Dispositivos – LTSD	UnB	DF	Engenharia Elétrica	5
Grupo de Automação e Controle – Graco	UnB	DF	Engenharia Mecânica	13
Nanobiotecnologia Aplicada à Saúde	UnB	DF	Farmácia	6
Interações Biológicas e Nanomateriais	UnB	DF	Genética	7
Química de Colóides, Superfícies e Interfaces	UnB	DF	Química	3
Química Teórica	UnB	DF	Química	6
Laboratório de Materiais e Combustíveis	UnB	DF	Química	4
DUG – Desenvolvimento de Ligas Metálicas	Cefet/ES	ES	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
Filmes Finos	Ufes	ES	Física	14
Bioquímica Celular e Molecular da Melanogênese Humana	UFG	GO	Bioquímica	3
Tecnologia e Nanotecnologia Farmacêutica	UFG	GO	Farmácia	10
Grupo de Física de Materiais	UFG	GO	Física	4
Núcleo de Pesquisa em Física	UCG	GO	Física	5
Núcleo Interdisciplinar e Tecnológico de Catalão	UFG	GO	Química	9
Química de Materiais	UFG	GO	Química	20
Química Teórica e Estrutural de Anápolis	Ufma	MA	Química	10
Física Teórica e Modelagem Molecular	Ufma	MA	Física	2
Propriedades de Materiais Semicondutores e Nanoestruturados	Ufma	MA	Física	5
Catálise – UFMA	Ufma	MA	Química	4
GCG – Grupo de Computação Gráfica, Imagem e Visão	UFJF	MG	Ciência da Computação	6
Segurança e Qualidade do Leite	Embrapa	MG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	13
Biotecnologia e Ciência dos Materiais Aplicados à Tecnologia Mineral e ao Meio Ambiente	Ufop	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	6
Grupo de Engenharia de Materiais e Meio Ambiente – GEMMA	Ufmg	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
Nanoscoopia	Cetec	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Novas – Inovação em Serviços em Processamento Aquoso e Meio Ambiente	UFMG	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	16
Núcleo de Aplicação e Desenvolvimento da Ciência e Engenharia de Microestruturas	UFMG	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	27
Núcleo de Desenvolvimento de Biomateriais	UFMG	MG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	8
Grupo de Mecânica de Nanocompósitos	UFMG	MG	Engenharia Mecânica	7
Operações e Processos de Separação	UFV	MG	Engenharia Química	11
Desenvolvimento de Novos Medicamentos e Produtos Inovadores para o Sistema Único	Funed	MG	Farmácia	11
Nanobiotecnologia Aplicada à Saúde	UFMG	MG	Farmácia	19
Sistemas Convencionais e Nanoestruturados de Liberação de Fármacos	UFMG	MG	Farmácia	9
Desenvolvimento e Avaliação Biológica de Medicamentos	UFOP	MG	Farmácia	18
Defeitos em Isolantes e Semicondutores	Unifei	MG	Física	10
Desenvolvimentos e Caracterização de Materiais Nanoestruturados	Ufu	MG	Física	6
Física de Semicondutores	UFMG	MG	Física	22
Física de Sistemas Semicondutores de Baixa Dimensionalidade	UFMG	MG	Física	3
Grupo de Desenvolvimento de Estruturas Nanométricas e Materiais Biocompatíveis	Unifei	MG	Física	8
Grupo de Física da Matéria Condensada	UFJF	MG	Física	6
Grupo de Magnetismo e Materiais Magnéticos	UFMG	MG	Física	7
Grupo de Nanociência	UFU	MG	Física	4
Grupo de Óptica e Fototérmica	UFU	MG	Física	2
Grupo de Propriedades Ópticas e Térmicas de Materiais	UFU	MG	Física	3
Laboratório de Microanálises do Consórcio Física-Geologia-Química UFMG/CDTN/CNEN	UFMG	MG	Física	5
Laboratório de Nanomateriais	UFMG	MG	Física	5
Microscopia e Microanálise da UFMG	UFMG	MG	Física	7
Nanoscopia	UFMG	MG	Física	2
Novos Materiais	UFSJ	MG	Física	11
Óptica de Nanomateriais	UFMG	MG	Física	8
Óptica e Informação Quântica	UFU	MG	Física	4
Ressonância Magnética	UFMG	MG	Física	13
Nanobiotecnologia	UFU	MG	Genética	42
Biotecnologia Ambiental	UFMG	MG	Microbiologia	5
Estudo dos Mecanismos Gerais de Infecção	UFMG	MG	Microbiologia	5
Laboratório de Matriz Extracelular e Desenvolvimento	UFMG	MG	Morfologia	2

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Doença de Chagas: Imunobiologia, Biologia Molecular e Quimioterapia Experimental	UFOP	MG	Parasitologia	10
Grupo de Eletro-Óptica de Processos Interficiais e Desenvolvimento de Sensores, Baterias e Atuadores Mecânicos	UFVJM	MG	Química	2
Grupo de Fotoquímica e Química da Madeira	UFU	MG	Química	12
Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia/Lafip-Nanotec	UFU	MG	Química	7
Materiais	UFMG	MG	Química	6
Materiais Derivados de Metais	UFMG	MG	Química	6
Núcleo de Estudos em Química	UFJF	MG	Química	7
Grupo de Eletroanalítica Aplicada	UFV	MG	Química	3
Grupo de Estudos em Química Orgânica e Biológica – Geqob	UFMG	MG	Química	14
Grupo de Materiais Nanoestruturados	UFMG	MG	Química	4
Grupo de Pesquisa em Química Inorgânica	UFMG	MG	Química	10
Grupo de Pesquisa em Química Interfacial e Tecnologias Ambientais	UFSJ	MG	Química	2
Materiais Poliméricos Multicomponentes	UFMG	MG	Química	7
Novos Materiais e Espectroscopia	UFMG	MG	Química	5
Produtos de Biomassa	UFMG	MG	Química	5
Química Analítica Instrumental	UNIFAL	MG	Química	5
Química Verde Coloidal e Macromolecular	UFV	MG	Química	5
NEMS	UFMG	MG	Saúde Coletiva	6
GQMA – Grupo de Química e Microbiologia Aplicada	UFGD	MS	Ciência e Tecnologia de Alimentos	7
Grupo de Materiais	UFMS	MS	Física	5
GDCBIEN – Grupo de Desenvolvimento de Catalisadores e Biocidas Inorgânicos Estratégicos Nanoestruturados	UFMS	MS	Química	5
Materiais Nanoestruturados	UFMT	MT	Física	4
Eletromagnetismo Aplicado	UFPA	PA	Engenharia Elétrica	5
Grupo de Nanofotônica e Nanoeletrônica da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFPA	UFPA	PA	Engenharia Elétrica	2
Física de Materiais da Amazônia	UFPA	PA	Física	4
Química Analítica e Ambiental	UFPA	PA	Química	10
Argilas e Materiais Cerâmicos	UFMG	PB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
Desenvolvimento de Nanomateriais e de Materiais Híbridos	UFPB	PB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	3
Nanocompósitos	UFMG	PB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4

continua...





Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Polímeros – UFCG	UFCG	PB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	11
Química de Materiais	UEPB	PB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Núcleo de Pesquisa em Sistemas de Liberação de Fármacos e Biofarmácia	UEPB	PB	Farmácia	8
Síntese e Vetorização de Moléculas	UEPB	PB	Farmácia	4
Grupo de Física Teórica	UFCG	PB	Física	3
Matéria Condensada Mole e Física Biológica	UFPB	PB	Física	6
Teoria de Campos e Partículas	UFPB	PB	Física	7
Laboratório de Combustíveis e Materiais	UFPB	PB	Química	18
Bioefeitos do Eletromagnetismo	UFPE	PE	Biofísica	5
Engenharia Biomédica	UFPE	PE	Biofísica	4
Materiais Compósitos de Matriz Metálica e Integridade Estrutural	UFPE	PE	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	3
Fotônica	UFPE	PE	Engenharia Elétrica	5
Grupo de Pesquisa em Eletrônica	UFPE	PE	Engenharia Elétrica	7
Engenharia de Precisão	UFPE	PE	Engenharia Mecânica	6
Grupo de Pesquisa em Energia Renovável	UPE	PE	Engenharia Mecânica	7
Aplicações das Radiações em Sistemas Poliméricos e Nanoestruturas	UFPE	PE	Engenharia Nuclear	7
Instrumentação Nuclear	CNEN	PE	Engenharia Nuclear	6
Desenvolvimentos de Processos e Novos Materiais	Unicap	PE	Engenharia Química	12
Engenharia Ambiental e da Qualidade	UFPE	PE	Engenharia Química	10
Doenças Infecciosas e Resistência	UFPE	PE	Farmácia	7
Sistemas de Liberação Controlada de Fármacos e Vacinas: Nanotecnologia	UFPE	PE	Farmacologia	18
Grupo de Pesquisa em Biotecnologia	UFPE	PE	Física	7
Calorimetria, Transportes e Magnetometria	UFPE	PE	Física	4
Física de Materiais e Dispositivos Semicondutores	UFPE	PE	Física	8
Grupo de Magnetismo e Materiais	UFPE	PE	Física	5
Nano Óptica	UFPE	PE	Física	3
Óptica Não Linear	UFPE	PE	Física	2
Óptica Não Linear, Optoeletrônica e Aplicações da Fotônica	UFPE	PE	Física	4
Polímeros Não-Convencionais	UFPE	PE	Física	4
Supercondutividade e Magnetismo	UFPE	PE	Microbiologia	2
Biotecnologia, Biologia Celular e Molecular	Unicap	PE	Química	34
Grupo de Arquitetura de Nanodispositivos Fotônicos	UFPE	PE	Bioquímica	9
Biodiversidade e Biotecnologia	UFPI	PI	Física	17
Grupo de Materiais e de Bionanotecnologia	UFPI	PI	Química	13

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Biodiesel	UFPI	PI	Química	7
Termoquímica e Química de Adsorção em Superfície	UFPI	PI	Ciência e Tecnologia de Alimentos	7
Tecnologia e Gestão Agroindustrial	UTFPR	PR	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Caracterização e Processamento de Polímeros e Misturas Poliméricas	UEPG	PR	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
GPMCell – Grupo de Pesquisa em Materiais Estruturais e Eletro-Eletrônicos	UEPG	PR	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
NanoITA	UEPG	PR	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	25
Dispositivos Fotônicos e Aplicações	UFPR	PR	Engenharia Elétrica	10
Estudos em Qualidade e Monitoramento Atmosférico	Unicentro	PR	Engenharia Sanitária	9
Laboratório de Pesquisa de Compostos	Unicentro	PR	Farmácia	11
Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas para Liberação Modificada de Fármacos	UEM	PR	Farmácia	4
Pesquisa In Pharma	UEPG	PR	Farmácia	11
Caos, Desordem e Complexidade em Sistemas Clássicos Quânticos	UFPR	PR	Física	6
Filmes e Nanoestruturas Magnéticas	UFPR	PR	Física	7
Física do Estado Sólido	Unicentro	PR	Física	9
Física dos Materiais	UEPG	PR	Física	5
Grupo de Dispositivos Nanoestruturados	UFPR	PR	Física	7
Grupo de Óptica e Optoeletrônica	UEL	PR	Física	9
Propriedades Nanomecânicas de Superfícies e Filmes Finos	UFPR	PR	Física	8
Propriedades Ópticas, Eletrônicas e Fotônica	UFPR	PR	Física	3
Propriedades Térmicas de Materiais Não Estruturados	UFPR	PR	Física	2
Supercondutividade e Materiais	UEPG	PR	Física	3
Centro de Pesquisa em Química Aplicada	UFPR	PR	Química	15
Grupo de Desenvolvimento de Eletrodos	UEPG	PR	Química	6
Grupo de Química de Materiais	UFPR	PR	Química	4
Laboratório de Química Inorgânica Aplicada	UFPR	PR	Química	9
Grupo de Eletroquímica Aplicada e Polímeros	UFPR	PR	Química	5
Grupo de Pesquisa em Materiais Funcionais e Estruturais	UEPG	PR	Química	8
Sofiglass	UEPG	PR	Química	6
Liberação Controlada	UFRJ	RJ	Ciência e Tecnologia de Alimentos	4
Cerâmicas Avançadas	UFRJ	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Grupo de Catálise para Polimerização	UFRJ	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	11
Grupo de Ultrassom	CNEN	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	8
Materiais Nanoestruturados para Bioaplicações	CNEN	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	5
Materiais Superduros	UENF	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Modificação de Propriedades Físico-Mecânicas de Misturas Poliméricas	UFRJ	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	5
Obtenção de Materiais Nanoestruturados	PUC-Rio	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	1
Processamento de Polímeros	Uerj	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
Superfícies e Nanoestruturas	CBPF	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Tecnologia e Materiais Poliméricos	INT	RJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	8
Gaic – Grupo de Automação, Instrumentação e Controle	Cefet/RJ	RJ	Engenharia Elétrica	6
Labsem	PUC-Rio	RJ	Engenharia Elétrica	2
LIF – Laboratório de Instrumentação e Fotônica	UFRJ	RJ	Engenharia Elétrica	6
Optoeletrônica e Instrumentação	PUC-Rio	RJ	Engenharia Elétrica	8
Modelagem e Simulação em Engenharia Nuclear	UFRJ	RJ	Engenharia Nuclear	13
Grupo de Pesquisa em Catálise e Processos Químicos	INT	RJ	Engenharia Química	17
Processamento de Produtos e Rejeitos Industriais e Novos Materiais	UFRJ	RJ	Engenharia Química	9
Processos e Tecnologia de Membranas	Uerj	RJ	Engenharia Química	6
Recat – Laboratório de Reatores, Cinética e Catálise	UFF	RJ	Engenharia Química	3
Síntese e Caracterização de Látices Acrílicos	UFRJ	RJ	Engenharia Química	4
Gestão Ambiental de Polímeros	UFRJ	RJ	Engenharia Sanitária	1
Desenvolvimento de Novas Formulações Farmacêuticas	UFRJ	RJ	Farmácia	3
Automação e Instrumentação Científica	CBPF	RJ	Física	5
Biomateriais: Preparação, Caracterização, Modelagem Teórica e Aplicações Biomédicas	CBPF	RJ	Física	14
Férmions Pesados, Supercondutores e Sistemas Nanoestruturados	CBPF	RJ	Física	13
Filmes Finos e Materiais Nanoestruturados	PUC-Rio	RJ	Física	3
Física da Matéria Condensada	Uerj	RJ	Física	5
Grupo de Dinâmica da Magnetização em Materiais Artificialmente Estruturados	CBPF	RJ	Física	7

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Grupo de Espectroscopia Óptica e Optoeletrônica Molecular	PUC-Rio	RJ	Física	6
Grupo de Física da Matéria Condensada	UFF	RJ	Física	6
Interações Fundamentais	Cefet/RJ	RJ	Física	8
Laboratório de Baixas Temperaturas	UFRJ	RJ	Física	7
Magnetismo e Materiais Magnéticos	CBPF	RJ	Física	6
Meteorítica, Mineralogia, Arqueometria	CBPF	RJ	Física	14
Moléculas e Superfícies	CBPF	RJ	Física	19
Nanociência, Física de Superfícies e Espectroscopia Mössbauer	CNEN	RJ	Física	9
Nanofabricação	CBPF	RJ	Física	5
Nanotecnologia – Cetene	INT	RJ	Física	2
Óptica e Propriedades Físicas de Materiais	Uerj	RJ	Física	6
Propriedades Eletrônicas de Sistemas Nanoestruturados	UFF	RJ	Física	5
Teoria da Matéria Condensada	UFRJ	RJ	Física	11
Fisiologia Celular e Molecular / Modulação da Expressão Genética e Terapias Celulares em Netropalias e Pneumopalias	UFRJ	RJ	Fisiologia	28
Microrganismos Magnetotáticos: Biologia, Ecologia e Nanotecnologia	UFRJ	RJ	Morfologia	5
Grupo de Pesquisa em Insumos Biotecnológicos Antileishmaniais	UFRJ	RJ	Parasitologia	15
Fotoquímica Orgânica	UFRJ	RJ	Química	4
Laboratório de Química de Materiais	UFRJ	RJ	Química	6
Materiais Magnéticos de Separação	CNEN	RJ	Química	4
Materiais Poliméricos Multifásicos	UFRJ	RJ	Química	2
Química Supramolecular e Nanotecnologia de Elementos	CNEN	RJ	Química	11
Estudo Cinético de Processos Químicos	PUC-Rio	RJ	Química	2
Grupo Carbono	CTEX	RJ	Química	6
Grupo de Materiais Condutores e Energia	UFRJ	RJ	Química	6
Grupo de Materiais Nanoestruturados Funcionais	CNEN	RJ	Química	43
Interlab – Laboratório de Investigação de Estrutura Química e Nanotecnologia	UFRJ	RJ	Química	2
Laboratório de Bioinorgânica e Nanotecnologia Molecular	UFRJ	RJ	Química	4
Laboratório de Catálise	UFRJ	RJ	Química	8
Manipulação Química de Nanotubos de Carbono	CNEN	RJ	Química	12
Química Supramolecular e Materiais	UFRJ	RJ	Química	1
Síntese Inorgânica Aplicada	UFF	RJ	Química	5
Inteligência Computacional Aplicada	PUC-Rio	RJ	Ciência da Computação	14
Sistemas Complexos em Biofísica	UFRN	RN	Biofísica	6

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Tecfoton – Telecomunicações e Fotônica	UFRN	RN	Engenharia Elétrica	3
Termodinâmica e Reatores Catalíticos	UFRN	RN	Engenharia Química	7
Física de Matéria Condensada	Uern	RN	Física	8
Grupo de Magnetismo	Uern	RN	Física	7
Grupo de Estudos Teóricos em BioNanoTecnologia	UFRR	RR	Física	3
Grupo de Nanomateriais	UFRR	RR	Química	8
Métodos Biofísicos	UFRGS	RS	Biofísica	3
Nanotoxicologia Ambiental	Furg	RS	Bioquímica	6
Sistema Purinérgico: Receptores e Ectonucleotidasas em Células Tumoriais e em Patologias do Sistema Nervoso Central	UFRGS	RS	Bioquímica	8
Grupo de Polímeros	UCS	RS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	11
Laboratório de Materiais Cerâmicos	UFRGS	RS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	11
Poliuretinas	UFRGS	RS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
Materiais Compósitos e Nanocompósitos	UFRGS	RS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	12
Laboratório de Tecnologia Mineral e Ambiental	UFRGS	RS	Engenharia de Minas	4
Grupo de Materiais Metálicos – Nuclemat	PUC-RS	RS	Engenharia Mecânica	6
Mecânica Aplicada	Unijui	RS	Engenharia Mecânica	4
Eletroquímica, Corrosão e Proteção Superficial	UCS	RS	Engenharia Química	4
Avaliação Farmacológica e Modelagem	UFRGS	RS	Farmácia	11
Desenvolvimento de Produtos Farmacêuticos com Ênfase em Nanotecnologia	UFSM	RS	Farmácia	7
Sistemas Nanoestruturados para Administração de Fármacos	UFRGS	RS	Farmácia	7
Fabricação de Nanoestruturas e Difractometria por Raios-X	UFRGS	RS	Física	1
Física de Altas Pressões e Materiais Avançados	UFRGS	RS	Física	9
Gepsi – Grupo de Estudos de Propriedades de Superfícies e Interfaces	PUC-RS	RS	Física	5
Grupo de Magnetismo e Materiais Magnéticos	UFRSM	RS	Física	7
Implantação Iônica	UFRGS	RS	Física	15
Laboratório de Espectroscopia de Elétrons	UFRGS	RS	Física	2
Laboratório de Estrutura Eletrônica dos Materiais	UFSM	RS	Física	5
Laboratório de Magnetismo	UFRGS	RS	Física	8
Laser & Óptica	UFRGS	RS	Física	6
Magnetismo e Materiais Magnéticos	UFPEL	RS	Física	6
Microeletrônica	UFRGS	RS	Física	6

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Nonoestruturados	UFPEL	RS	Física	7
Nanopuc	PUC-RS	RS	Física	4
Núcleo de Ensino de Ciências e Tecnologia	UFPEL	RS	Física	6
Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo: Interações Terra-Sol	Inpe	RS	Geociências	34
Geoquímica Ambiental	Ulbra	RS	Geociências	8
Centro de Pesquisa Cardiovascular	Ulbra	RS	Medicina	10
Deformidades Faciais	PUC-RS	RS	Odontologia	7
Grupo de Pesquisa em Dentística e Biomateriais	UFPEL	RS	Odontologia	21
Bio & Macromoléculas	UFRGS	RS	Química	6
Físico-Química de Materiais	UFPEL	RS	Química	3
Laboratório de Estudos Físico-Químicos e Produtos Naturais (LEFQPN)	Unipampa	RS	Química	5
Laboratório de Materiais Inorgânicos	UFSM	RS	Química	5
Nanocompósitos	UFRGS	RS	Química	6
Síntese e Avaliação de Moléculas Bioativas	Unifra	RS	Química	12
Estado Sólido e Superfícies	UFRGS	RS	Química	7
Físico-Química de Superfícies e Interfaces	UFRGS	RS	Química	5
Laboratório de Catálise Molecular	UFRGS	RS	Química	8
Laboratório de Instrumentação e Dinâmica Molecular	UFRGS	RS	Química	6
Laboratório de Micro e Nanopartículas Aplicadas na Terapêutica	UFRGS	RS	Química	6
Estudo e Desenvolvimento de Materiais e Componentes para a Construção Civil	Unesc	SC	Engenharia Civil	17
Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Materiais à Base de Cimento e Compósitos	Unesc	SC	Engenharia Civil	7
CETMAT – Núcleo de Materiais Cerâmicos e Vidros	UFSC	SC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	8
Grupo de Materiais Poliméricos e Particulados	Unesc	SC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
Grupo de Pesquisa de Materiais Avançados e Aplicações Tecnológicas	Uesc	SC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	11
Metalurgia Física e Engenharia de Superfícies	Sociesc	SC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	8
Labmat – Grupo Interdisciplinar de Materiais	UFSC	SC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	13
Grupo de Desenvolvimento de Máquinas Automáticas Especiais	Cefet/SC	SC	Engenharia Mecânica	10
Metrologia	UFSC	SC	Engenharia Mecânica	10
Desenvolvimento de Novos Materiais a Partir de Resíduos Sólidos	UFSC	SC	Engenharia Química	10

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Produtos Florestais	UFSC	SC	Engenharia Química	5
Estudos Etnofarmacológicos Visando a Obtenção de Substâncias Bioativas	Unesc	SC	Farmácia	6
Cristais Líquidos e Minerais	UFSC	SC	Física	2
Filmes Finos e Superfícies	UFSC	SC	Física	4
Laboratório de Sistemas Nanoestruturados	UFSC	SC	Física	7
Preparação de Materiais Fora do Equilíbrio por Mecanosíntese	UFSC	SC	Física	3
Grupo de Pesquisa em Imunologia e Genética	Unesc	SC	Imunologia	11
Matemática Aplicada	Uesc	SC	Matemática	3
Quitech	UFSC	SC	Química	4
Desenvolvimento de Materiais Poliméricos	Udesc	SC	Química	9
Grupo de Catálise Heterogênea, Estrutura e Espectroscopia Molecular	UFSC	SC	Química	2
Grupo de Físico-Química Orgânica e Fenômenos de Interfaces	UFSC	SC	Química	8
Grupo de Síntese Inorgânica e Polímeros	UFSC	SC	Química	7
Plasma Térmico e Plasma Frio	UFSC	SC	Química	5
Grupo de Tecnologia dos Materiais	UFS	SE	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	5
Grupo de Magnetismo	UFS	SE	Física	9
Grupo de Materiais Cerâmicos Avançados	UFS	SE	Física	9
Grupo de Preparação e Caracterização de Materiais	UFS	SE	Física	10
Desenvolvimento e Otimização de Materiais	UFS	SE	Química	3
Nanociência e Nanotecnologia no Agronegócio	Embrapa	SP	Agronomia	13
Biocolóides, Membranas e Superfícies	USP	SP	Biofísica	2
Biomembranas	Unicamp	SP	Biofísica	18
Microesferas e Lipossomas	IBU	SP	Biofísica	4
Biotecnologia Ambiental	UMC	SP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	3
Centro de Tecnologia e Engenharia Agroindustrial	Unicamp	SP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	38
Embalagem e Estabilidade de Alimentos	Unicamp	SP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	1
Embalagens Ativas	Unicamp	SP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	1
Nanotecnologia de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética e Materiais Compósitos Aeronáuticos	Unitau	SP	Engenharia Aeroespacial	2

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Armazenagem de Hidrogênio em Materiais Nanoestruturados	Ufscar	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
Compósitos Lignocelulósicos	Unesp	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	10
Deposição Eletrostática de Nanofibras	Ceeteps	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	1
Desempenho e Caracterização Elétrica e Térmica de Polímeros	Ufscar	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	2
Diamantes de Materiais Relacionados	Inpe	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	19
Eletroquímica e Corrosão de Materiais	USP	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	5
Físico-Química de Materiais	ITA	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	3
Grupo de Cerâmicas Ferroelétricas	Ufscar	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	4
Grupo de Compósitos e Cerâmicas Funcionais	Unesp	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Laboratório de Matérias-Primas Particuladas e Sólidos e Não-Metálicos	USP	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	6
Materiais	FEI	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	7
Membranas, Filmes e Barreiras Poliméricas	Ufscar	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	6
Microscopia Eletrônica	ABTLuS	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	5
Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio	Embrapa	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	80
Processamento e Caracterização de Compósitos Cerâmicos e Metálicos	Ufscar	SP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	9
Eletrônica Molecular e Biomolecular – Nanotecnologia e NEMS	Unicamp	SP	Engenharia Elétrica	1
GEM – Grupo de Eletrônica Molecular	USP	SP	Engenharia Elétrica	8
Grupo de Pesquisa em Física, Telecomunicações e Computação	Unicamp	SP	Engenharia Elétrica	17
Grupo de Tecnologia Avançadas de Gravação para Nano-, Micro- e Meso-	USP	SP	Engenharia Elétrica	8
Laboratório de Eletromagnetismo Computacional	IEAv	SP	Engenharia Elétrica	4
Laboratório de Tecnologia Fotônica	Unicamp	SP	Engenharia Elétrica	4
Microestruturas para Sensores e Atuadores do Laboratório de Sistemas Integráveis	USP	SP	Engenharia Elétrica	15
Micro-ondas, Ondas Milimétricas e Optoeletrônica	USP	SP	Engenharia Elétrica	11

continua...





Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Nanoengenharia Eletrônica, Diamante Semicondutor e Materiais Nanoestruturados	Unicamp	SP	Engenharia Elétrica	7
Nanotecnologia Aplicada – Aplicações de Filmes Finos	USP	SP	Engenharia Química	12
Tecnologias de Micro e Nanofabricação	Unicamp	SP	Engenharia Química	22
Centro de Metrologia de Fluidos do IPT	IPT	SP	Engenharia Química	18
Catálise Heterogênea	USP	SP	Engenharia Química	7
Desenvolvimento e Caracterização de Novos Materiais	USP	SP	Engenharia Química	7
Engenharia de Polimerização	Unicamp	SP	Engenharia Química	6
Engenharia e Controle Ambiental	Unifesp	SP	Engenharia Química	5
Grupo Interdisciplinar de Pesquisas em Sistemas de Liberação Controlada	Unicamp	SP	Engenharia Química	11
Laboratório de Pesquisa de Têxteis Técnicos	USP	SP	Engenharia Química	5
Secagem e Microencapsulação de Materiais Ativos	IPT	SP	Engenharia Química	20
Pesquisa e Desenvolvimento de Fármacos e Medicamentos	USP	SP	Farmácia	5
Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas de Liberação Transdérmica de Drogas	USP	SP	Farmácia	26
Sistemas de Liberação Controlada de Fármacos e de Outras Substâncias Ativas	Unesp	SP	Farmácia	5
Sistemas de Liberação de Fármacos para Tratamento de Doenças Tropicais	Unesp	SP	Farmácia	7
Medicamentos Oftálmicos	Unifesp	SP	Farmácia	12
Química de Compostos de Coordenação	Uniban	SP	Farmácia	5
Laboratório de Síntese Química de Nanoestruturas	ABTLuS	SP	Física	4
Aplicações de Luz Síncrotron	ABTLuS	SP	Física	9
Baixas Temperaturas	USP	SP	Física	7
Bionuc/Fisnuc	USP	SP	Física	4
Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos	USP	SP	Física	6
Cristalografia	USP	SP	Física	6
Estudo de Nanoestruturas Semicondutoras	Unesp	SP	Física	2
Ferroeletrônicos e Novos Materiais	Unesp	SP	Física	3
Física de Isolantes e Semicondutores	Ufscar	SP	Física	2
Física de Plasma Aplicada a Novos Processos de Materiais	ITA	SP	Física	16
Física de Semicondutores Experimental	Ufscar	SP	Física	3
Física Molecular e Modelagem	USP	SP	Física	10
Grupo de Combustíveis Alternativos	Unicamp	SP	Física	2
Grupo de Cristalografia Aplicada e Raios-X	Unicamp	SP	Física	4
Grupo de Estudos em Vidros Especiais	UniABC	SP	Física	3
Grupo de Filmes Finos	USP	SP	Física	2

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Grupo de Física Computacional e Instrumentação Aplicada	USP	SP	Física	8
Grupo de Materiais Nanoestruturados	Ufscar	SP	Física	2
Grupo de Nanoestruturas em Filmes Langmuir-Blodgett e Automontados	USP	SP	Física	18
Grupo de Óptica Aplicada	IEAv	SP	Física	7
Grupo de Óxidos Complexos	USP	SP	Física	2
Grupo de Plasmas e Aplicações	Unesp	SP	Física	4
Grupo de Plasmas e Materiais	Unesp	SP	Física	4
Grupo de Polímeros	Unesp	SP	Física	8
Grupo de Propriedades Óticas e Magnéticas de Sólidos	Unicamp	SP	Física	7
Grupo de Semicondutores	USP	SP	Física	4
Grupo de Supercondutividade	Ufscar	SP	Física	2
Heteroestruturas Magnéticas e Spintrônica	USP	SP	Física	4
Laboratório de Luminescência e Magneto-Luminescência	Ufscar	SP	Física	3
Laboratório de Materiais Magnéticos	USP	SP	Física	7
Laboratório de Nanociência	USP	SP	Física	1
Laboratório de Pesquisa em Dispositivos	Unicamp	SP	Física	5
Laboratório de Preparação e Caracterização de Materiais	Unicamp	SP	Física	7
Laboratório de Vidros e Datação	Ceeteps	SP	Física	6
Metodologia e Instrumentação	Embrapa	SP	Física	8
Modelagem Computacional da Matéria	Unicamp	SP	Física	3
Modelagem e Simulação em Sólidos, Moléculas e Agregados	UFABC	SP	Física	12
Nanoestruturas	Unicamp	SP	Física	2
Nanoestruturas Semicondutoras	Ufscar	SP	Física	5
Nanomol	USP	SP	Física	14
Nanotecnologia, Biossensores	USP	SP	Física	1
Novos Materiais e Aplicações	Unesp	SP	Física	21
Óptica Biométrica	Unifesp	SP	Física	2
Propriedades Óticas, Vibracionais, Spin e de Transporte e Nanoestruturas	Ufscar	SP	Física	3
Ressonância Magnética	USP	SP	Física	3
Scan – Simulação Computacional e Análise de Materiais	USP	SP	Física	4
Laboratório de Sensores a Fibra Óptica	EAv	SP	Física	15
Simulação Computacional em Materiais	USP	SP	Física	16
Simulação Computacional em Física de Estado Sólido	USP	SP	Física	1
Sistemas Eletrônicos Confinados	Ufscar	SP	Física	1

continua...



Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
SPM	Unicamp	SP	Física	3
Citogenética e Mutagenese	USP	SP	Genética	2
Citometria de Fluxo	Unesp	SP	Medicina	4
Físico-Química de Materiais	Unesp	SP	Química	4
Físico-Química de Polímeros e Colóides	Unesp	SP	Química	4
Fluorescência Molecular	USP	SP	Química	1
GPES - Grupo de Pesquisa em Eletroanalítica e Sensores	Unesp	SP	Química	9
Grupo de Eletrocatalise e Eletroquímica Ambiental de Ribeirão Preto	USP	SP	Química	5
Grupo de Eletrocatalise e Reações	Unesp	SP	Química	3
Grupo de Eletroquímica e Materiais	USP	SP	Química	2
Grupo de Materiais Coloidais	USP	SP	Química	9
Grupo de Materiais Magnéticos e Colóides	Unesp	SP	Química	8
Grupo de Química Inorgânica e Analítica	USP	SP	Química	4
Laboratório de Materiais e Interfaces	USP	SP	Química	1
Laboratório de Materiais Eletroativos	USP	SP	Química	3
Laboratório de Materiais Fotônicos	Unesp	SP	Química	11
Laboratório de Nanomateriais	USP	SP	Química	2
LCAM – Laboratório de Caracterização e Aplicação de Materiais	USF	SP	Química	4
Química Analítica Interdisciplinar	Unifesp	SP	Química	5
Química Bioinorgânica Ambiental	USP	SP	Química	1
Química Supramolecular e Nanotecnologia	USP	SP	Química	1
Química Teórica e Computacional	Unifesp	SP	Química	1
Sol-Gel	Unifran	SP	Química	5
Compostos Inorgânicos e Organometálicos das Terras Raras	Ufscar	SP	Química	2
GAMN – Grupo de Química Analítica/Ambiental e Materiais	Unesp	SP	Química	3
GMAv – Grupo de Pesquisa em Materiais e Métodos Avançados	UFABC	SP	Química	8
Grupo de Catálise e Materiais	Inpe	SP	Química	7
Grupo de Espectroscopia e Catálise	Unifesp	SP	Química	2
Grupo de Materiais Cerâmicos Especiais	Ufscar	SP	Química	23
Grupo de Pesquisa em Eletrônica	USP	SP	Química	7
Grupo de Pesquisa em Química Ambiental	USP	SP	Química	1
Grupo de Pesquisa em Química Verde e Ambiental	USP	SP	Química	3
Grupo de Polímeros e Materiais de Fontes Renováveis	Ufscar	SP	Química	6
Grupo de Química de Materiais e Energia	USP	SP	Química	1

continua...

Grupo de pesquisa	Instituição	Estado	Área principal	Nº de pesquisadores
Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados	UFABC	SP	Química	9
Laboratório de Materiais Nanoestruturados Preparados Eletroquimicamente	Ufscar	SP	Química	9
Laboratório de Química do Estado Sólido – LQES	Unicamp	SP	Química	2
Materiais Híbridos	Unifesp	SP	Química	6
Materiais Nanoestruturados para Eletrocatalise e Conversão de Energia	Unesp	SP	Química	3
Nanotecnologia Supramolecular	USP	SP	Química	2
Química Biológica	Unicamp	SP	Química	3
Morfologia e Topoquímica dos Sólidos	Unicamp	SP	Química	10
Tecnologia de Celulose, Papel e Produtos Florestais	USP	SP	Química	2
Produção e Controle de Qualidade de Peles	Embrapa	SP	Química	11
Micro e Nanotecnologia Farmacêutica	Unesp	SP	Química	5
Núcleo de Ensino, Planejamento e Gestão Ambiental – NPGA	UFT	TO	Química	14
<b>469 grupos</b>				<b>3.502</b>

Fonte: CGEE









