

NANOTECNOLOGIA: ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E DE EMPRESAS

Fernando Galembeck e Márcia Maria Rippel

*Instituto de Química da Unicamp
e
Instituto do Milênio de Materiais Complexos*

Campinas, Outubro de 2004

Índice

INTRODUÇÃO	3
PROGRAMAS NACIONAIS	4
ESTADOS UNIDOS.....	5
<i>National Science Foundation (NSF)</i>	7
<i>Departamento de Energia (DOE)</i>	8
<i>National Institutes of Health (NIH)</i>	9
JAPÃO.....	9
ALEMANHA	13
FRANÇA	14
REINO UNIDO	16
CANADÁ.....	18
ESPANHA.....	19
HOLANDA.....	21
SUÉCIA	23
SUÍÇA	24
ÁSIA E AUSTRÁLIA.....	25
CHINA	27
HONG KONG	35
CORÉIA	37
AUSTRÁLIA	43
CINGAPURA.....	45
TAIWAN	51
ÍNDIA.....	57
MALÁSIA.....	60
TAILÂNDIA	62
ISRAEL	63
IRLANDA	75
ÁFRICA DO SUL	78
PROGRAMAS SUPRANACIONAIS.....	81
COMUNIDADE EUROPÉIA.....	81
CASOS DE ATIVIDADES INTERNACIONAIS.....	83
ATIVIDADES DE EMPRESAS.....	85
PATENTEAMENTO EM NANOTECNOLOGIA.....	86
EXTENSÃO DE PATENTES PARA OUTROS PAÍSES	87
ÁREAS PRIORITÁRIAS.....	91
PORTFÓLIOS DE PATENTES DE EMPRESAS SELECIONADAS	100
UMA MORATÓRIA EM NANOTECNOLOGIA?	108
CONCLUSÃO	109

Introdução

Este é o relatório final do contrato de prestação de serviços CGEE-Funcamp descrevendo *as estratégias adotadas em diferentes programas institucionais existentes no mundo para a promoção da inovação tecnológica baseada em nanotecnologias e análise dos investimentos realizados pelo setor privado neste contexto.*

O relatório contém:

i) Dados e análise de **programas nacionais e internacionais**. Neste caso, as informações foram obtidas de documentos oficiais, *sites* de Internet ou noticiário da imprensa ou de boletins especializados.

ii) Dados coletados sobre as **atividades de P&D de empresas**, à luz das patentes depositadas e de notícias sobre **iniciativas e investimentos realizados pelo setor privado**. Esta estratégia foi adotada face à óbvia dificuldade de se conseguir dados confiáveis dos investimentos realizados por empresas ou pessoas físicas, por duas razões. Em primeiro lugar, porque empresas não revelam suas estratégias, a não ser para provocarem reações do mercado e isso se aplica, obviamente, às estratégias de inovação. Em segundo lugar, porque há uma óbvia contaminação do noticiário com informações de partes interessadas.

A opção pela análise de patentes utiliza informação depositada em bancos de dados públicos, que portanto é verificável e revela o elemento mais sólido do *pipeline* de inovação de qualquer empresa, que é o seu portfolio de propriedade intelectual. Obviamente, esta estratégia não informa sobre a parte sigilosa do portfolio das empresas, que de qualquer forma só é acessível *a posteriori*.

Ao longo do estudo revelou-se a enorme distância que existe entre o noticiário sobre nanotecnologia contido na mídia leiga e a realidade da inovação em nanotecnologia, demonstrada pelas estratégias de patenteamento das empresas e pelo noticiário econômico. Ou seja, existe uma nanotecnologia *real*, geradora de produtos e processos que já atingem (em 2004) muitos bilhões de dólares anuais, e uma nanotecnologia *da mídia*. É muito importante notar que esta última afeta fortemente alguns programas nacionais, provavelmente elaborados por pessoal acadêmico ou funcionários de governo pouco informados sobre a dinâmica da inovação.

Esta observação fez com que as informações obtidas, tanto do noticiário leigo quanto do econômico, fossem sempre examinadas criticamente à luz das informações sobre patentes e vice-versa.

Já na fase final de elaboração deste relatório foram divulgados os documentos publicados pela Royal Society e Royal Academy of Engineering.¹ São dois documentos de altíssima qualidade, que colocam corretamente as questões centrais da nanotecnologia *real*, abordando com seriedade as questões científicas fundamentais que presidem ou limitam a nanotecnologia bem como as questões de natureza ética.

Uma outra observação metodológica é que este relatório reproduz dados, textos e expressões copiadas diretamente das fontes, sempre que possível. Este procedimento foi adotado para manter a maior fidelidade possível às fontes e para minimizar os erros de tradução ou mesmo de interpretação de termos.

¹ *RS Policy documents* 19 e 20/04, editados pela The Royal Society e Royal Academy of Engineering.

Programas nacionais

Nesta seção, são apresentados dados relativos aos seguintes países: Estados Unidos, Japão, Alemanha, Espanha, França, Reino Unido, Holanda, Suécia, Suíça, China, Hong Kong, Coreia, Austrália, Cingapura, Taiwan, Índia, Malásia, Tailândia, Israel, Irlanda e África do Sul.

O exame de documentos relativos aos programas nacionais permite algumas conclusões:

- i) **Todos os países** inovadores têm programas em nanotecnologia, que é uma das principais áreas do fomento à P&D&I, ao lado da biotecnologia, tecnologias da informação e meio-ambiente.
- ii) Os volumes de recursos dedicados à nanotecnologia são **crescentes** e estão na **mesma ordem de grandeza** dos dedicados às outras grandes áreas de fomento, mas são freqüentemente menores que os das outras três áreas (Figura 1).
- iii) Os programas são desenhados de maneira a engajarem **o maior número possível de participantes**, seja de empresas, seja de instituições acadêmicas ou de pesquisa.
- iv) Cada programa nacional tem **características próprias muito nítidas**, refletindo as peculiaridades da economia e do sistema de fomento de cada país, seja em aspectos tradicionais seja em tendências recentes.
- v) Os programas estão fortemente **vinculados às estratégias nacionais de competitividade e desenvolvimento econômico**, refletindo claramente o efeito de alguns fatores: o perfil da atividade econômica do país, seus recursos humanos e a história recente de desenvolvimento tecnológico.
- vi) Os programas têm alvos de curto, médio e longo prazo que estão nitidamente associados às **perspectivas de aproveitamento econômico dos resultados**, em cada país.
- vii) Muitos programas têm elementos de **atração de pesquisadores de outros países**, seja através da oferta de emprego, seja de condições excepcionais de pesquisa, evidenciando que o principal insumo da nanotecnologia é o pessoal de P&D.

Portanto, **todos os países inovadores têm programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes e do mesmo nível que a biotecnologia, tecnologias da informação e meio-ambiente. Todos os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade, portanto têm características próprias, mas sempre engajando o maior número possível de participantes. Todos têm alvos econômicos definidos, compatíveis com as características da produção industrial do país.**

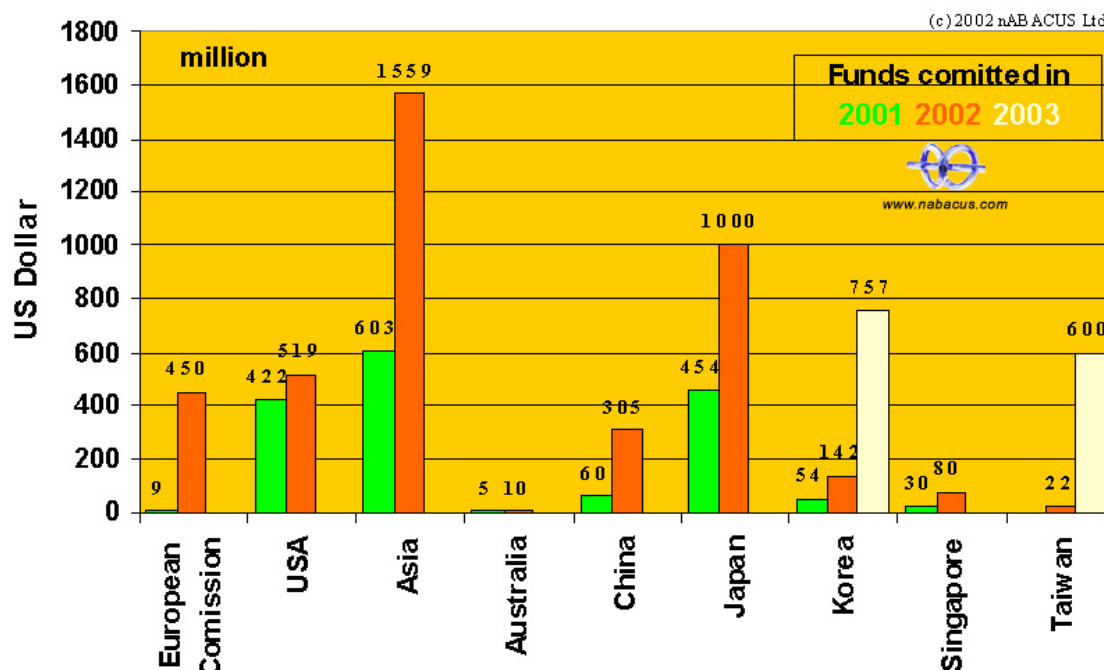


Figura 1. *Evolução recente dos orçamentos nacionais para as atividades de nanotecnologia. Apesar de ser reproduzido com uma certa frequência, este gráfico contém pelo menos um erro sério: o valor atribuído a Taiwan em 2003 é o total dos orçamentos de nanotecnologia de Taiwan, até este ano.*

Estados Unidos

O programa americano é um grande guarda-chuva motivador de atividades de P&D&I em áreas essenciais à competitividade econômica, mas que vinham tendo alguma dificuldade em manterem linhas importantes de fomento, como as ciências da matéria e engenharias. Essas áreas também mostravam dificuldades em atrair jovens pesquisadores, uma tendência que agora mostra sinais de inversão.

As atividades de prospecção e planejamento datam de 1996 e a NNI (*National Nanotechnology Initiative*) foi criada oficialmente em 2001, com uma dotação quadrienal.² Em 2005 será iniciado um novo quadriênio, com dotação global de US\$3,7 bilhões.³ A NNI é coordenada pelo grupo NSET (*Nanoscale Science, Engineering and Technology*) do NSTC (*National Science Technology Council*). Toda a administração federal do país participa da NNI.⁴

² Fonte: www.nano.gov

³ A lei, denominada *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*, foi assinada pelo presidente George W. Bush em dezembro de 2003. Fonte: Forbes/Wolfe Nanotech Report no site www.forbes.com

⁴ Participam o Department of Agriculture, Department of Commerce, Department of Defense, Department of Energy, Department of Health and Human Services, Department of Homeland Security (includes Transportation Security Administration), Department of Justice, Department of State, Department of Treasury, Center for Disease Control and Prevention, Environmental Protection Agency, Food and Drug Administration (FDA), Intelligence Community, National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Institutes of Health (NIH), National Institute of Standards and Technology (NIST), National Science Foundation (NSF), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Nuclear Regulatory Commission.

Este maciço engajamento é justificado pelo relatório Murday,⁵ considerando que a nanotecnologia irá gerar negócios da ordem de US\$ 1 trilhão nos próximos vinte anos, em todo o mundo, especialmente nas áreas de materiais, eletrônica, fármacos e produtos químicos.

O programa concentra suas dotações no fomento à pesquisa e também apóia centros e redes de excelência, estimulando parcerias. Está prevista a criação de dez novos centros e redes de excelência, e de centros de instrumentação. Os primeiros terão dotação de US\$ 3 milhões cada um,⁶ com as seguintes prioridades: *fundamental research, grand challenges, educating future scientists and engineers* e fazendo a integração entre pesquisa e educação, reunindo universidades, laboratórios federais e o setor privado, verticalizando o conhecimento nanotecnológico. Os centros de instrumentação deverão estar disponíveis para os usuários de universidades, laboratórios e indústrias, criando uma oferta de serviços sofisticados de forma a agilizar a comercialização das inovações produzidas.

A evolução recente dos recursos está mostrada na Tabela 1.⁷

Tabela 1. Participação das agências e volume de recursos de fomento dentro da NNI (*National Nanotechnology Initiative*) (US\$ milhões).

Departamento Federal ou Agência	2003	2004 "Appropriated"	2005 "Requested"
National Science Foundation (NSF)	221	254	305
Department of Defense	322	315	276
Department of Energy	134	203	211
National Institutes of Health (NIH)	78	80	89
NIST⁸	64	63	53
NASA	36	37	35
Environmental Protection Agency	5	5	5
Homeland Security (TSA)⁹	1	1	1
Department of Agriculture	0	1	5
Department of Justice	1	2	2
TOTAL	862	961	982

No ano fiscal de 2005 as prioridades da NNI são:

- *research to uncover new phenomena and properties of materials at the nanoscale;*
- *research to enable the nanoscale as the most efficient manufacturing domain;*
- *innovative nanotechnology solutions to biological-chemical-radiological-explosive detection and protection;*
- *nano-biosystems and medicine;*
- *nanoelectronics beyond CMOS;*
- *development of instrumentation and standards;*
- *environmental and health issues;*

⁵ James S. Murday, Diretor do National Nanotechnology Coordination Office e chefe da Divisão Química do Naval Research Laboratory. Status Report on the (various) National Nanotechnology Initiative (s). 2003, no site www.nano.gov

⁶ Somando-se aos outros já existentes, são 27 centros. Fonte: www.nano.gov/html/centers/nnicenters.html

⁷ Rocco, M. C. National Nanotechnology Investment in the FY 2005 Budget Request. Em www.nsf.gov/home/crssprgm/nano/2005budget.htm

⁸ National Institute of Standards and Technology

⁹ Transportation Security Administration

- *the education and training of the new generation or workers for the future industries;*
- *partnerships to enhance industrial participation in the nanotechnology revolution.*

National Science Foundation (NSF)

O orçamento deste órgão, de US\$5.5B em 2004, destaca os gastos em áreas prioritárias (US\$467M em 2004) e concentra a maior parte desses gastos nas atividades de nanotecnologia, segundo a Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição orçamentária por área prioritária na *National Science Foundation*¹⁰ (US\$ milhões)

	AF 2003	AF 2004 Appropriated	AF 2005 Requested	Incremento	
				AF 2004 Amount	Percent
Biocomplexity in the Environment	70,28	99,83	99,83	0,00	0,0%
Human and Social Dynamics	4,46	24,24	23,25	-0,99	-4,1%
Mathematical Sciences	60,42	89,09	89,11	0,02	0,0%
Nanoscale Science and Engineering	222,46	253,51	305,06	51,55	20,3%
Workforce for the 21st Century	N/A	N/A	20,00	20,00	N/A
Total	\$357,62	\$466,67	\$537,25	\$70,61	15,1%

Entre 2003 e 2004 houve uma redução de 7% na participação da nanotecnologia, mostrada na Figura 2, que foi compensada pelo aumento no volume total de recursos das áreas prioritárias, de cerca de 30%.

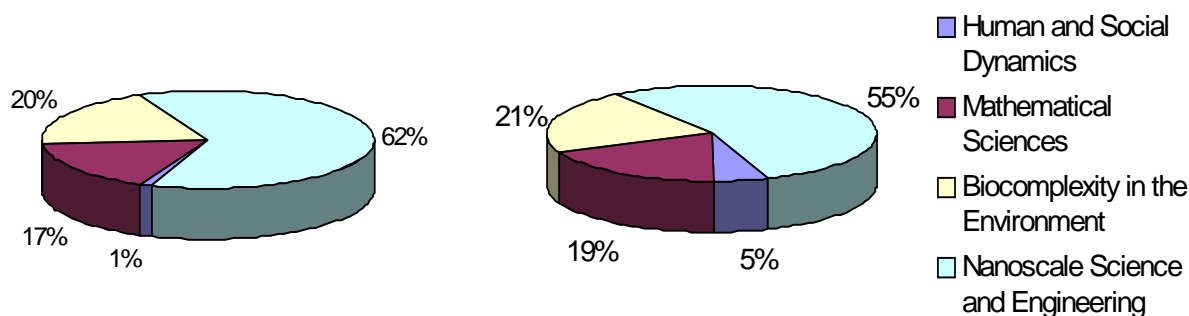


Figura 2. Distribuição de recursos entre as áreas prioritárias da NSF, em 2003 (esquerda) e 2004 (direita).

O fato de o orçamento da NSF ter se mantido constante, entre 2003 e 2004, enquanto o orçamento das áreas prioritárias aumentou, mostra que este aumento não pode ser atribuído a recursos novos, mas sim a uma transferência de recursos dentro do mesmo órgão. Por outro lado, a NSF é o principal órgão executor do orçamento americano de nanotecnologia, sendo responsável por mais de 30% da NNI.

¹⁰ <http://www.nsf.gov/bfa/bud/fy2005/tables.htm#overview>

Por sua vez, a distribuição de recursos dentro do *item Nanoscale Science and Engineering*, na NSF, está descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Orçamentos das divisões da NSF para *Nanoscale Science and Engineering* (em milhões de dólares).¹¹

Nanoscale Science and Engineering (Dólares em Milhões)					
	2003	2004	2005	Incremento	
			Solicitado	Valor	%
Biological Sciences	2,98	5,31	5,85	0,54	10,2%
Computer and Information Science and Engineering	11,14	15,79	19,40	3,61	22,9%
Engineering	94,35	108,88	133,81	24,93	22,9%
Geosciences	7,53	7,94	7,94	0,00	0,0%
Mathematical and Physical Sciences	103,92	111,48	132,14	20,66	18,5%
Social, Behavioral and Economic Sciences	2,32	1,56	1,50	-0,06	-3,8%
Office of International Science and Engineering	N/A	N/A	0,26	0,26	N/A
Subtotal, Research and Related Activities	222,24	250,96	300,90	49,94	19,9%
Education and Human Resources	0,22	2,55	4,16	1,61	63,1%
Total	222,46	253,51	305,06	\$51,55	20,3%

A divisão de recursos obedece a cinco focos programáticos:

- 1) *Fundamental Research and Education*: \$ 151,7 M
- 2) *Grand Challenges*: \$10,1 M
- 3) *Centers and Networks of Excellence*: aproximadamente \$45,9 M
- 4) *Research Infrastructure*: aproximadamente \$28,7 M
- 5) *Societal and Educational Implications of Science and Technology Advances*: aproximadamente \$12,6 M.

Departamento de Energia (DOE)¹²

Nanotecnologia representará em 2005 0,9% do orçamento total (US\$24,3B) e 6,2% do orçamento de pesquisa (US\$3,4B) do DOE. Serão construídos cinco novos centros, focalizando três áreas: síntese e processamento de materiais, física da matéria condensada e catálise. Uma das principais unidades deste programa é a *Molecular Foundry* no Lawrence Laboratory (seis andares, US\$85 M, 8779 m²), dedicada ao projeto, síntese e caracterização de materiais biológicos, poliméricos, inorgânicos, microfabricados e à sua integração em arranjos complexos. Outros centros estão em Oak Ridge, Sandia, Los Alamos, isto é, os tradicionais grandes laboratórios nacionais estão assumindo missões em nanotecnologia.

¹¹ <http://www.nsf.gov/bfa/bud/fy2005/tables/STRATEGICOUTCOMES/PITO-06.xls>

¹² Fonte: Office of Science- FY 2005 Budget Request- Testimony of James F. Decker- March 24, 2004. No site www.nih.gov/news/budget/FY2005presbudget.pdf

National Institutes of Health (NIH)

Os programas em nanotecnologia e nanociência são administrados pelos institutos e centros de pesquisa, sob supervisão do *NIH Bioengineering Consortium* (BECON). Há planos do NIH em aumentar as pesquisas em nanotecnologia em aplicações médicas e biológicas.

A criação e desenvolvimento dos NDCs (*Nanomedicine Development Centers*), dentro do *NIH Roadmap*, irá dispor de US\$6M¹² e terá como metas:¹³

- *characterize quantitatively the physical and chemical properties of molecules and nanomachinery in cells.*
- *gain an understanding of the engineering principles used in living cells to “build” molecules, molecular complexes, organelles, cells, and tissues.*
- *use this knowledge of properties and design principles to develop new technologies, and engineer devices and hybrid structures, for repairing tissues as well as preventing and curing disease.*

Outras iniciativas dentro do NIH são os seguintes programas:¹⁴

- *Nanoscience and Nanotechnology in Biology and Medicine*
- *Bioengineering Nanotechnology Initiative*
- *Bioengineering Research Partnerships*
- *Exploratory/Developmental (R21) Bioengineering Research Grants*

Há ainda os programas criados dentro de alguns institutos, como por exemplo o *NHLBI Programs of Excellence in Nanotechnology* do *National Heart Lung and Blood Institute*.^{15,16}

Japão¹⁷

Considerando a nanotecnologia o alicerce da ciência e tecnologia do século 21, o *Japanese Council for Science and Technology* estabeleceu quatro áreas ou campos-chaves de importância estratégica, que constam de seu *Science and Technology Basic Plan*, publicado em 2001:^{18,19} *Life Sciences, Information and Telecommunications, Environment e Nanotechnology & Materials*.

¹³ Fonte: Fisher, R. S. Nanomedicine Roadmap Initiative, May, 2004. No site www.nihroadmap.nih.gov/nanomedicinelaunch.

¹⁴ Informações completas sobre os programas em nanotecnologia da NIH podem ser encontradas no site www.becon.nih.gov/nano.htm

¹⁵ Fonte: <http://www.nhlbi.nih.gov/>

¹⁶ Atualmente estão em andamento nove projetos em nanotecnologia nos NIH: FUNCTIONAL TISSUE ENGINEERING OF MUSCULOSKELETAL TISSUES; NHLBI PROGRAMS OF EXCELLENCE IN NANOTECHNOLOGY; MEDICAL REHABILITATION RESEARCH INFRASTRUCTURE; DEVELOPMENT OF CELL-SELECTIVE TOOLS FOR STUDIES OF THE BLADDER, PROSTATE, AND GENITOURINARY TRACT; NOVEL APPROACHES TO CORNEAL TISSUE ENGINEERING; NINDS EXPLORATORY / DEVELOPMENTAL PROJECTS IN TRANSLATIONAL RESEARCH; SMALL BUSINESS BIODEFENSE PROGRAM; CUTTING-EDGE BASIC RESEARCH AWARDS (CEBRA); NEUROTECHNOLOGY RESEARCH, DEVELOPMENT, AND ENHANCEMENT

¹⁷ Fonte: Nanotechnology Researchers Network Center of Japan www.nanonet.go.jp/english/info/file/nano_budget2004.pdf

¹⁸ The Science and Technology Basic Plan (2001-2005), Government of Japan, 2001, no site www8.cao.go.jp/cstp/english/s&tmain-e.html.

¹⁹ Fonte: Nanotechnology in JST Basic Research. No site www.jst.go.jp/kisoken/nanoe.html

A Tabela 4 e a Figura 3 apresentam os orçamentos destinados a estas quatro áreas estratégicas e a sua evolução nos últimos dois anos. Nesta Tabela são somados todos os orçamentos submetidos por todas as agências e ministérios. O orçamento para *science and technology* não inclui os orçamentos das universidades e organizações inter-universitárias.²⁰

Tabela 4. Orçamentos das quatro áreas estratégicas definidas no Science and Technology Basic Plan (2001-2005).²¹

Field	2002	2003	2004*
<i>Life Science</i>	\$ 3,278 M 19,4%	\$ 3,390 M 20,1%	\$ 3,635 M 20,9%
<i>Information & Communication</i>	\$ 1,465 M 8,7%	\$ 1,461 M 8,7%	\$ 1,465 M 8,4%
<i>Environment</i>	\$ 838 M 5,0%	\$ 907 M 5,4%	\$ 979 M 5,6%
<i>Nanotechnology & Materials Science</i>	\$ 713 M 4,2%	\$ 753 M 4,5%	\$ 783 M 4,5%
<i>Total of 8 fields (L.S., I & C, Env., Nano&Mater, Energy, Manufacturing, Social Infra e Frontier)</i>	\$ 16,896 M 100,0%	\$ 16,832 M 100,0%	\$ 17,429 M 100,0%
<i>Science & Technology</i>	\$29,930 M	\$29,930 M	\$ 30,213 M

* Valores preliminares, de acordo com o documento *Science and Technology Policy*²² em 29/01/2004.

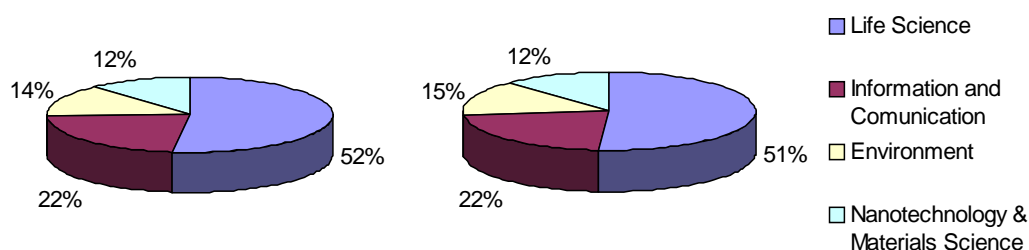


Figura 3. Distribuição de recursos entre as principais áreas do Plano Básico de Ciência e Tecnologia do Japão, em 2003 (esquerda) e 2004 (direita).

Os dois principais ministérios, responsáveis por cerca de 90% do orçamento em nanotecnologia são o da Economia, Comércio e Indústria (METI) e o da Educação, Cultura, Esportes, Ciência e Tecnologia (MEXT)²³.

O METI, responsável pela promoção de R&D próxima da comercialização, tem um orçamento para 2004 de U\$101,4 milhões para nanotecnologia, maior do que os U\$96,7 milhões em 2003. O orçamento total do METI para ciência e tecnologia é de

²⁰ "The budget for science and technology does not include that for universities (excluding research institutes of national universities and inter-university joint-use facilities) and projects carried out cross-sectionally, i.e. non-research budget, which sums up to \$12.5 billion. The budget for Energy (atomic energy) contains part of that for life science. The budget of Independent Administrative Institution is estimated from the data submitted to the Cabinet Office. The budget for competitive research fund is estimated by the Cabinet Office. The table contains about \$1.51 billion, self-funds of governmental corporations." www.jst.go.jp/kisoken/nanoe.html

²¹ Fonte: Budget for Nanotechnology & Materials Science in FY 2004. No site www.nanonet.go.jp/english/info/file/nano_budget2004.pdf

²² Contido na referência 24.

²³ Trata-se de um único ministério, com funções de quatro ministérios brasileiros.

U\$1,15 bilhões, no qual *nanotechnology and related materials research* é uma das quatro áreas de prioridade juntamente com *information and communications, life science* e *environmental research*.

O MEXT financia pesquisa fundamental sem a expectativa de que novos produtos ou tecnologias industriais sejam geradas dentro de uma década. Seu orçamento para pesquisa em nanotecnologia é de U\$ 242,8 milhões (2004) registrando um aumento de 6,1% em relação ao valor destinado em 2003 que foi de U\$ 228,8 milhões. As áreas priorizadas neste orçamento foram: *fundamental materials research*, com um orçamento de U\$153,49 milhões e um novo programa de desenvolvimento de medicamentos (*drug-discovery program*).

Há ainda dentro do MEXT o projeto de pesquisa em nanotecnologia chamado *Virtual Laboratories* para o desenvolvimento de tecnologias estratégicas. Este tem um orçamento de U\$ 430,7 milhões em 2004, superior aos U\$415,81 milhões destinados em 2003. *O Japanese Council for Science and Technology (JST)* estabeleceu 10 áreas de pesquisa em três setores estratégicos, os quais foram propostos pelo MEXT em 2002. No total são 106 temas de pesquisa em andamento nestas 10 áreas de pesquisa como se verifica no Apêndice 1.

Uma outra atividade é o *Nanotechnology Researchers Network Centers of Japan Project* lançado em 2002 pelo MEXT para fornecer suporte financeiro a pesquisadores japoneses ligados à nanotecnologia, “*extending beyond the boundaries of single research fields and organizations*”. Este projeto é gerenciado e operado pelo *NRN Project Center*. Ao todo, são 538 laboratórios de pesquisa, diretamente ligados à nanotecnologia.

O MEXT tem tomado medidas para promover a revitalização econômica do Japão através, por exemplo, do programa *Promotion of the Research and Development Project Aimed at Economic Revitalization (Leading Projects)* lançado em 2003.²⁴

Na área de *Nanotechnology and Materials* foram propostos os seguintes temas de pesquisa:

- “*New Elemental Device Development Utilizing Nanotechnology*” which defies all conventions of miniaturization for silicon semiconductor devices
- “*Realization of advanced semiconductor manufacturing technology such as extreme ultraviolet (EUV) development*” which creates the technological foundation for next-generation semiconductor manufacturing
- “*Development of artificial organs and artificial sensory organs that utilize nanotechnology-human body building*” which can substitute or supplement the human vital functions
- “*Development of measurement, analysis and evaluation equipment which will lead next-generation scientific technology*” that will contribute to a wide range of research and development
- “*Next-Generation Fuel Cell Project*” for the realization of high performance and low cost PEFCs (Polymer Electrolyte Fuel Cells) by high temperature operation”.

No METI é o NEDO (*New Energy and Industrial Technology*) que estabelece os programas em *Nanotechnology & Materials Science*. Atualmente os seguintes projetos

²⁴ “These projects are selected three viewpoints by setting a specific goal in research and development, to take the lead in an age with a breakthrough in each of projects and to acquire new markets and give an impetus to the economy, and are operated in cooperation between academies and industry from initial stage of a project, to make the most of their potential and advance research and development strategically”.

Fonte: Science and Technology: Promotion of the Research and Development Project Aimed at Economic Revitalization no site www.mext.go.jp/english/org/science/47.htm

estão em andamento:²⁵ *Nanostructured Polymer, Nanotechnology Glass, Metal, Particles, Nanostructure Coating, Synthetic Nano-Function Materials, Nanotechnology Material Metrology, Systematization of Nanotechnology Materials Program Results Project, Synergy Ceramics, Technology for Novel High-Functional Materials Project, Super Metal, Frontier Carbon Technology, Advanced-Functional Materials Design Platform, Technology for an Innovative Casting Simulation System, Compound Semiconductors for high Efficiency Electro-Optic Conversion, R&D Project on Key Technologies for an Innovative Lightweight Structure.*

No MHLW (Ministry of Health, Labour and Welfare) também há uma série de projetos de pesquisa em Nanotechnology & Materials nas seguintes áreas:²⁶ Nano Imaging, Nanodevices, Drug delivery systems e Public-offering-type Research.

O AIST²⁷ (The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), que é uma IAI (Independent Administration Institution²⁸) do METI começou a operar em 2001. É uma organização que reúne 15 instituições de pesquisa, sendo a maior organização de pesquisa pública do Japão e empregando cerca de 3200 pessoas. Na área de Nanotechnology, Materials & Manufacturing, os seguintes centros e institutos de pesquisa estão ligados à AIST:

- Correlated Electron Research Center
- Digital Manufacturing Research Center
- Research Center for Advanced Carbon Materials
- Nanoarchitectonics Research Center
- Diamond Research Center
- Nanotechnology Research Institute
- Research Institute for Computational Sciences
- Advanced Manufacturing Research Institute
- Materials Research Institute for Sustainable Development
- Micro-space Chemistry Lab

Em abril de 2004, um dos principais laboratórios nacionais do Japão, o National Institute for Materials Science (NIMS) lançou o ICYS, *International Center for Young Scientists Project*, destinado exclusivamente a atrair pesquisadores estrangeiros.²⁹

O trabalho deste laboratório é fortemente ligado às empresas. Por exemplo: o NIMS juntamente com a *Japan Science and Technology Agency* e a empresa NEC conseguiram desenvolver um novo nanodispositivo, chamado NanoBridge. O dispositivo usa tecnologia de liga-desliga (switching technology) em circuitos de estado sólido e programáveis que utiliza uma ponte metálica em nanoescala. Por esta técnica é possível criar ou impedir um canal condutor elétrico, por alongamento da ponte metálica controlada por reação eletroquímica dentro do eletrólito sólido. Traduzindo:

²⁵ Fonte: Project Activities Concerning Nanotechnology and Materials, NEDO. No site www.nedo.go.jp/nanoshitsu/project/pro_act.pdf

²⁶ Nano Medicine Research Project. No site www.nanonet.go.jp/english/info/nanoproject/003mhlw_040303.pdf

²⁷ Fonte: site www.aist.go.jp

²⁸ *Independent Administrative Institutions* foram criadas em uma reforma administrativa, em 1997. Operam com interferência mínima dos ministérios ou agências competentes, com um alto grau de autonomia e independência para agir como entidade legal, sujeitas a procedimentos de avaliação, como as OSS e OSSIPs. JSPS Quaterly No. 3, 2002. No site www.jsps.go.jp/english/e-quart/03_winter/05.html

²⁹ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22/06/2004, no site www.smalltimes.com

chips mais rápidos, menores e mais baratos.³⁰ Este é um dos primeiros casos concretos de uma eletrônica não-silício, de base nanotecnológica. Em 2003, muitos consórcios foram formados entre indústria, universidades e governo, no Japão, para o desenvolvimento de nano e bionanotecnologias. Como exemplo pode-se citar o consórcio formado pela Matsushita Electric Industrial Co. com o Tokyo Institute of Technology, Nara Institute of Science and Technology e Osaka University para o desenvolvimento de memórias de grande capacidade que utilizam circuitos de proteínas. Estão surgindo várias colaborações entre empresas, instituições e universidades não só no Japão, mas também em outros países, como é o caso recente da Itochu Corp. e universidades do Novo México.³¹

Alemanha

A Alemanha tem um programa abrangente de nanotecnologia, baseado em centros de competência que reúnem empresas, universidades e institutos de pesquisa. Os centros de competência são coordenados por universidades ou institutos de pesquisa e reúnem todos os tipos de atores do processo de inovação, como está mostrado na Figura 4.

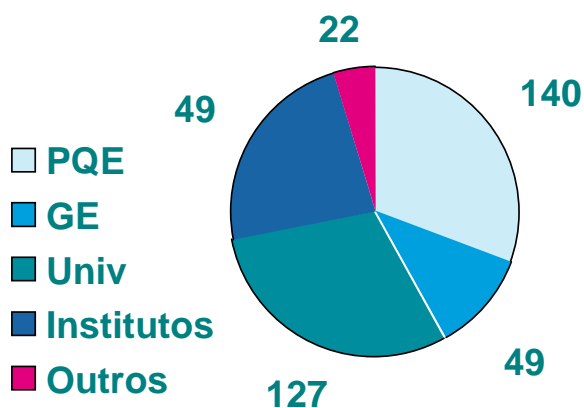


Figura 4. Distribuição dos vários tipos de participantes dos centros de competência em nanotecnologia, na Alemanha.

As designações, números de participantes e instituições coordenadoras dos centros de competência estão na Tabela 5.

³⁰ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22/06/2004, no site www.smalltimes.com

³¹ Leia mais sobre este caso no tópico "Sistemas Cooperativos".

Tabela 5. Os centros de competência do programa alemão de nanotecnologia.

Competência	Número de participantes	Instituição coordenadora
Filmes ultrafinos funcionais	88	Fraunhofer Inst. Dresden
Nanoopto-eletrônica	59	TU Berlin
Funcionalidade via química³²	113	Univ Kaiserslautern
Nanoestruturas laterais	76	Forschungszentrum Karlsruhe
Tratamento de superfícies ultra-preciso	53	PTB Braunschweig
Nanoanalítica	60	Univ Hamburg

França

De uma forma geral, os programas de nanotecnologia na França recebem financiamento diretamente do Estado (MR³³, FNS³⁴ e FRT³⁵, Min EFI³⁶), através de agências de pesquisa (CEA³⁷, CNRS³⁸ e INSERM³⁹) e da ANVAR⁴⁰.

Segundo um relatório americano,⁴¹ até 1999 o CNRS foi o maior investidor em pesquisas voltadas para a nanotecnologia e nanociência na França. Programas de pesquisa em nanopartículas e materiais nanoestruturados receberam mais de US\$ 40 milhões por ano. Esse orçamento foi compartilhado entre mais de 500 pesquisadores e 60 laboratórios.

Esses investimentos resultaram na ampliação das atividades em nanotecnologia de grupos atuantes nas seguintes áreas: *Molecular electronics, Large gap semiconductors and nanomagnetism, Catalysts, Nanofilters, Therapy problems, Agrochemistry, Cement for ductile nanoconcretes*.

A França possui uma rede de 5 grandes centros de micro e nanotecnologia (LETI⁴², IEMN⁴³, LAAS⁴⁴, IEF⁴⁵ e LPN⁴⁶) além de outros centros localizados nas diversas regiões do país.

³² A seguir, estão listadas cerca de metade das empresas participantes deste centro, que reúne empresas de todos os portes e de todos os setores industriais: Across Barriers GmbH, Adam Opel AG, ADROP GmbH, Advanced Ferrite Technology (AFT), Backnang, BASF AG, Ludwigshafen, Bayer AG Dormagen, Bayer AG, Krefeld, Bayer AG, Leverkusen, Berlin Heart AG, BioTissue Technologies GmbH, BioTools, Blanco, GmbH & Co. KG, Oberderdingen, Bundesdruckerei GmbH, Capsulation Nanoscience AG, Golm, CeramTec GmbH, Plochingen, Chirbase, Universität Tübingen, Christian Pohl GmbH, Köln, Poral GmbH, CREA-VIS-Gesellschaft für Technologie und Innovation mbH, DaimlerChrysler AG, DaimlerChrysler Aerospace, Degussa AG, Hanau, Demmel GmbH & Co, Scheidegg, Dermatologisches und Pharmakologisches Labor Freiburg, Docter Optics GmbH, Dr. Födisch Umwelt-Messtechnik GmbH, Kulkwitz, Drägerwerk AG, Lübeck, Duser GmbH, Anhausen, EADS Deutschland GmbH, München, ECHAZ microcollections (EMC), Endress + Hauser Conducta, Gerlingen, Flachglas Automotive GmbH, GAIA-Akkumulatoren-Werke, Nordhausen, GAMBRO Dialysatoren GmbH & Co.KG, Hechingen.

³³ Ministère de la Recherche

³⁴ Fonds National de la Science

³⁵ Fonds de la Recherche et Technologie

³⁶ Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie

³⁷ Commissariat à l'énergie atomique

³⁸ Centre national de la recherche scientifique

³⁹ Institut national de la santé et de la recherche médicale

⁴⁰ Agence National de Valorisation de la Recherche ou Agence Française de l'Innovation

⁴¹ Fonte: Nanostructure Science and Technology- A Worldwide Study. No site

<http://www.science.doe.gov/bes/IWGN.Worldwide.Study/welcome.htm>

⁴² Laboratoire d'Electronique de Technologie de l'Information

Dentre as empresas que produzem nanomateriais e realizam projetos de pesquisa em colaboração com centros de pesquisa públicos destacam-se: Thompson, St. Gobain, Rhodia SA, Air Liquide e IEMN.

Para facilitar as interações entre os centros de pesquisas industriais e públicos foram criadas três redes de interesse comum: RMNT⁴⁷, RNMP⁴⁸ e RNRT⁴⁹. Segundo o relatório *Nanotechnology and Nanoscience*,⁵⁰ a França possui um bom nível de pesquisa básica em nanociência e nanotecnologia com ênfase na caracterização, manipulação e estudo de nano-objetos aplicados em dispositivos magnéticos e eletrônica molecular. No ranking mundial de publicações científicas (1997-1999) e aplicação de patentes (1991-1999) em nanotecnologia a França ocupou o quarto e o quinto lugares, respectivamente.

Entretanto, apesar da sua elevada qualidade técnica os projetos de nanotecnologia são desenvolvidos isoladamente, não considerando a sua natureza interdisciplinar e dificultando dessa forma a sua implementação nos diversos setores industriais.

A partir de 2002, com o objetivo de impulsionar ainda mais o desenvolvimento nanotecnológico francês, foi criado o Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia⁵¹. Este programa é financiado pelo Ministério da Pesquisa, CNRS e CEA. O Ministério da Pesquisa investe 20 milhões de dólares anualmente nesse projeto. O *Reseau des grandes centrales en nanotechnologies* também é financiado pelo Ministério da Pesquisa, o CNRS e o CEA-DSM, com investimento de USD\$ 172 milhões num período de 3 anos. O Ministério da Pesquisa investe mais US\$ 37 milhões por ano nesse programa. Um novo programa, *Nano 2008 e R&D nano-electronique* será lançado em 2007⁵². Esse programa será uma colaboração entre STMicroelectronics, Motorola, Philips, PMI-PMEs, CEA, Minatec e CNRS e orçamento para esse projeto será de US\$ 4,3 bilhões. Os principais programas franceses de nanotecnologia e os orçamentos dedicados a esses programas estão reunidos na Tabela 6.

⁴³ Institut d'Electronique et de Microélectronique du Nord

⁴⁴ Laboratory for Analysis and Architecture of Systems

⁴⁵ Institut d'Electronique Fondamentale

⁴⁶ Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

⁴⁷ *Réseau Micro et NanoTechnologie*

⁴⁸ *Réseau National Matériaux et Procédés*

⁴⁹ *Réseau National de Recherche en Télécommunications*

⁵⁰ Nanotechnology and Nanoscience

(http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST18.htm)

⁵¹ <http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr>

⁵² Le Marois, G.; Nanosciences-Nanotechnologies, Lesoutien des pouvoirs publics français (www.industrie.gouv.fr/enjeux/pdf/nanosciences-170604.pdf).

Tabela 6. Principais programas franceses de nanotecnologia e respectivos orçamentos anuais. 1 Euro=1,23 dólares⁵³.

Description	Budget
Grands Programmes - "Nanosciences" et Grandes Centrales - "Nano 2008" + R&D Nanoélectronique	33 M€/an 98 M€/an →
Soutien aux Programmes et Initiatives Européens - Euréka (MEDEA →, PIDEA ↘, EURIMUS ↘, ITEA →)	90 M€/an
R2IT: Réseaux de Recherche et d'Innovation Technologique - RMNT (micro et nano technologies) - RNMP (matériaux et procédés) - GenHomme, RNTS (biotechnologie)	3 M€/an (*) 9,6 M€/an (*) 30 M€/an (*)
Instituts de recherche (CEA, CNRS, INSERM, ..., Universités)	~120 M€/an →
Autres projets innovants associant les PMI-PME	1 M€/an ↗

Reino Unido⁵⁴

Os conselhos de pesquisa do Reino Unido (RCUK⁵⁵) têm concentrado esforços no setor de nanotecnologia, desde 1986. O NPL⁵⁶ e o DTI⁵⁷ criaram o NION⁵⁸ em 1986 para incentivar o desenvolvimento nanotecnológico em universidades, indústrias e laboratórios governamentais. Esta iniciativa antecipou a NNI americana por dez anos.

O EPSRC⁵⁹, principal agência de fomento destinada à pesquisa nas áreas de engenharia e ciências físicas, investiu USD\$ 7 milhões entre os anos de 1994-1999 em projetos de nanotecnologia sendo que USD\$ 1 milhão foi aplicado especificamente no setor de pesquisa em nanopartículas. O *Basic Technology Research Programme* gerenciado pelo EPSRC financia projetos básicos de tecnologia e alguns projetos ligados à nanotecnologia.

O BBSRC⁶⁰, principal agência de fomento de biociências não-médicas, financia projetos de bionanotecnologia que são reconhecidos como prioritários pelo governo inglês. Projetos de biotecnologia também são financiados pelo IRC⁶¹ que é uma colaboração entre as agências EPSRC, BBSRC e MCR⁶².

O Reino Unido tem pesquisa muito forte nos setores de nanotecnologia, nanofabricação e nanotecnologia molecular. Entretanto, a pesquisa na interface

⁵³ Fonte: <http://www.financeone.com.br/conversores.php>

⁵⁴ http://www.publications.parliament.uk/cgi-bin/ukparl_hl?DB=ukparl&STEMMER=en&WORDS=nion+&COLOUR=Red&STYLE=s&URL=/pa/cm200304/cmselect/cmsctech/56/5607.htm#muscat_highlighter_first_match

⁵⁵ Research Councils UK

⁵⁶ National Physical Laboratory

⁵⁷ Department of Trade and Industry

⁵⁸ National Initiative on Nanotechnology

⁵⁹ Engineering and Physical Science Research Council

⁶⁰ Biotechnology & Biological Sciences Research Council

⁶¹ Research Council Interdisciplinary Research Collaboration

⁶² Medical Research Council

engenharia/medicina é pouco desenvolvida. Dessa forma, o EPSRC também tem financiado, juntamente com a BBSRC e MRC, projetos na interface entre a engenharia ou ciências físicas e as ciências da vida. Até o presente momento, o EPSRC investiu em torno de US\$ 1,2 milhões nesses projetos. BBSRC contribui com US\$ 900 mil em projetos de nanotecnologia interdisciplinar nos anos de 2002-2003. A Tabela 7 mostra como os recursos governamentais são distribuídos entre as principais agências.

Tabela 7. Recursos investidos pelos principais conselhos de pesquisa do Reino Unido nos setores de nanotecnologia. (USD\$ milhões)

	1998-99	1999-2000	2000-01	2001-02	2002-03
BBSRC	10,8	10,6	14,8	19,7	25,8 (+ 62,3 <i>underpinning</i>)
EPSRC	20,6	20,9	22,9	36,0	57,3
MRC	17,6	21,4	26,3	31,4	37,9

O LNP⁶³ (1988-1998) foi criado no Reino Unido com um orçamento anual de 2 milhões de dólares. Esse programa foi mantido pelo DTI e pelo EPSRC. Esse programa priorizou projetos de pesquisa envolvendo colaborações entre universidades e indústrias. Nesse programa foram investidos USD\$ 25 milhões pelos órgãos governamentais e industriais. Projetos realizados com financiamento desse programa produziram mais de 20 patentes e 90 artigos⁶⁴. Estima-se que as tecnologias desenvolvidas através desse programa resultarão em USD\$ 750 milhões em vendas.

De uma forma geral, o investimento em pesquisa e desenvolvimento no setor de nanotecnologia em empresas multinacionais é muito baixo no Reino Unido em comparação com empresas localizadas na Alemanha e na Suíça. Dentre as grandes empresas que realizam pesquisa e desenvolvimento no setor de nanotecnologia destacam-se: Johnson Matthey, Pfizer e Unilever.

Desde 1997 várias colaborações na forma de recursos ou bolsas de estudo têm sido realizadas pelas indústrias. As principais empresas envolvidas em projetos de colaboração universidade-indústria assim como suas principais atividades são mostradas na Tabela 8.

Tabela 8. Principais empresas envolvidas em projetos de colaboração universidade-indústria.

Empresa	Atividade
Hitachi	Computadores
JohnsonMatthey	Células solares e catalisadores
Merck	Produtos químicos
Ranier Technology Limited	Dispositivos médicos

Dentre os principais temas de interesse dos projetos financiados pelos programas voltados para desenvolvimento do setor de nanotecnologia destacam-se:

- *electronics and communication*
- *drug delivery systems*
- *tissue engineering, medical research and devices*
- *nanomaterial (bio/medical functional interfaces)*
- *instrumentation, tooling and metrology*

⁶³ LINK Nanotechnology Programme

⁶⁴Fonte: site http://www.npl.co.uk/npl/cmmmt/publications/newsletters/link_4.pdf

- *sensors and actuators*

O ministério da defesa também financia alguns projetos de nanotecnologia de interesse militar. A agência responsável por esses projetos de pesquisa é o DERA⁶⁵. O fomento anual desse órgão fica em torno de 4,8 milhões de dólares. Os principais projetos são: *structural materials, electronic devices and quantum interference*.

Canadá

O Canadá é um dos poucos países industrializados sem um programa explícito de incentivo à iniciativa em Nanotecnologia⁶⁶. Segundo uma estimativa do Canadian NanoBusiness Alliance, o governo canadense investe apenas USD\$ 13 milhões por ano em nanotechnology. Considerando a renda per capita canadense e a americana, o investimento em nanotecnologia canadense é seis vezes menor que o investimento americano. Até 2003 a nanotecnologia não era priorizada no orçamento do governo federal canadense. Embora as ações do governo federal para Pesquisa e Desenvolvimento Nanotecnológico sejam bem discretas, em 2001 foi criado o NINT⁶⁷, o governo de Quebec criou o Nano-Quebec⁶⁸ e o NSERC⁶⁹ escolheu um diretor de pesquisa para a Nano Innovation Platform.

O NINT é uma instituição de pesquisa multidisciplinar criada pelo governo federal canadense, governo estadual de Alberta e Universidade de Alberta⁷⁰ (investimento inicial de USD\$ 120 milhões). O NINT opera como uma parceria entre o NRC⁷¹ e a Universidade de Alberta. O principal objetivo do NINT é estabelecer a pesquisa e o desenvolvimento nanotecnológico canadense no âmbito mundial num período de 5 anos.

⁶⁵ Defence Evaluation and Research Agency

⁶⁶ NANO 'SWAT TEAM' ON MISSION TO WARM CANADA'S COLD SHOULDER By James R. Dukart, Small Times Correspondent. No site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=5785.

"There is also a significant nanotechnology effort underway in Canada, though no National Initiative. There is strong support for R&D and a commitment from the various provincial governments. As well as the National Institute for Nanotechnology there is also Nano-Quebec: a nanotechnology initiative of the government of Quebec, a nanotechnology laboratory within the Quebec National Institute for Scientific Research, and Nano Innovation Platform under the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). Canada's core nanotechnology research is in the laboratories of the National Research Council and the major Canadian research universities."

⁶⁷ Fonte: site da [National Institute of Nanotechnology](http://www.nint-innt.nrc-cnrc.gc.ca). "There is also a significant nanotechnology effort underway in Canada, though no National Initiative. There is strong support for R&D and a commitment from the various provincial governments. As well as the National Institute for Nanotechnology there is also Nano-Quebec: a nanotechnology initiative of the government of Quebec, a nanotechnology laboratory within the Quebec National Institute for Scientific Research, and Nano Innovation Platform under the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). Canada's core nanotechnology research is in the laboratories of the National Research Council and the major Canadian research universities."

⁶⁸ Nanotechnology laboratory within Quebec National Institute for Scientific Research

⁶⁹ National Science and Engineering Research Council

⁷⁰ NRC National Institute for Nanotechnology (NINT), Edmonton, Alberta, **Understanding the World at the Nanoscale** (<http://nint-innt.nrc-cnrc.gc.ca>).

⁷¹ Fonte: site [National Research Council](http://www.nrc-cnrc.gc.ca)

Quatro grupos de pesquisas foram estabelecidos no NINT:

- *Nanoscale Devices*
- *Materials and Interfacial Chemistry*
- *Supramolecular Nanoscale Assembly*
- *Theory and Modeling*

Espanha

A situação do desenvolvimento nanotecnológico na Espanha é bastante complexa^{72,73}. Existem vários grupos qualificados formados na Espanha ou em outras instituições estrangeiras, que desenvolvem projetos de pesquisas em temas relacionados à nanotecnologia. Entretanto, não existe uma política estratégica efetiva para impulsionar o desenvolvimento nanotecnológico e direcioná-lo para as necessidades das indústrias e mercados locais. Com bases nessa realidade o Ministério da Ciência e Tecnologia aprovou uma Ação Estratégica em Nanotecnologia.

Segundo o Plano Nacional de Investigación Científica, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica a Espanha possui um programa de Bionanotecnologia e uma ação estratégica interdisciplinar voltada para a Nanociência e Nanotecnologia (2004-2007). O objetivo dessa ação é apoiar a investigação e o controle de materiais em escala nanométrica financiando principalmente projetos de pesquisa que apresentem interesse industrial.

As principais áreas selecionadas são:

- *Preparación y fabricación de Nanosistemas*
- *Nanolitografía (electron beam +ion beam milling, SPM) incluyendo litografía UV óptica convencional y medios de pulido, corte, encapsulación y contactos en sala blanca.*
- *Sistemas de crecimiento sobre superficies por diversas técnicas [Sputtering DC y RF, Molecular Beam Epitaxy, Chemical Vapor Deposition, Laser Ablation o Pulsed Laser Deposition (PLD)].*
- *Técnicas blandas de nanofabricación como nanoimprinting o litografía en polímeros.*
- *Técnicas de vía húmeda (Biotecnología, Surfactantes o electroquímica, etc), técnicas de autoensamblado y autoorganización y Langmuir-Blodgett.*
- *Sistemas de nanofabricación por bombardeo de iones focalizados (FIB)*
- *Micromanipuladores.*

Os critérios para a atribuição de recursos estatais no fomento dos projetos estão mostrados na Tabela 9.

⁷² Ministerio de Educación y Ciencia, BOE 231, 31823 (www.mec.es).

⁷³ Informe sobre la situación de la Nanociencia y de la Nanotecnología en España y Propuesta de Acción Estratégica dentro de Plan Nacional de I+D+I (2004-2007). Red Española de Nanotecnología (NanoSpain)/ (www.nanospain.net).

Tabela 9. Critérios de fomento estatal para projetos submetidos por diferentes entidades.

PROYETOS	EMPRESAS	PYMES	ENTIDADES SIN FINES DE LUCRO
Proyectos de investigación industrial	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 60% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 60% del coste subvencionable del proyecto, en el caso de entidades de carácter público. Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto, en el caso de entidades de carácter privado
Estudios de viabilidad técnica previos a actividades de investigación industrial	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio.
Estudios de viabilidad técnica previos a proyectos de desarrollo tecnológico	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio
Proyectos de desarrollo tecnológico	Hasta el 25% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 35% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto
Acciones complementarias	Hasta el 50% del coste subvencionable de la actuación	Hasta el 50% del coste subvencionable de la actuación	Hasta el 75% del coste subvencionable de la actuación. Hasta el 95% del coste subvencionable de la actuación si la Comisión de evaluación la califica de interés general
Acciones complementarias de cooperación internacional proyectos y actuaciones favorecedoras de la participación en los programas EUREKA, IBEROEKA, Programa Marco de la Comunidad Europea para IDT y otros Programas Internacionales de Cooperación en I+D.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% del coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% de coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% del coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.
Proyectos de equipamiento de infraestructuras de investigación y desarrollo de Centros Tecnológicos (Apoyo a Centros Tecnológicos)	---	---	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto

A Espanha possui vários centros e universidades reconhecidas que realizam pesquisas básicas nos seguintes setores:

- *nano-objetos e nanocompuestos*

- *fenómenos cuánticos, efecto túnel*
- *procesos de auto-ensamblaje*
- *hasta el desarrollo de sensores de aplicación biomédica*
- *nanoestructuras catalíticas para ahorro energético*
- *nanoelectrónica y nanofotónica*
- *magneto-electrónica y nanomagnetismo*
- *moléculas funcionales*

Esses grupos de pesquisa (~ 112 grupos) que trabalham com temas diretamente relacionados à nanotecnologia formaram a rede NanoSpain para facilitar a troca de informações entre os vários grupos e incentivar as agências federais a investirem na criação de infra-estrutura, financiamento de projetos e criação de programas específicos voltados para o desenvolvimento nanotecnológico. A rede NanoSpain é financiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. O financiamento anual é de 12 mil dólares por ano. Além disso, outras iniciativas resultaram na criação de três centros de Nanotecnologia:

- *Instituto de Nanotecnología y Nanobiotecnología, Parque Científico de Cataluña, en Cataluña.*
- *Centro de Nanotecnología de Aragon, en Zaragoza.*
- *Instituto de Nanotecnología y Diseño Molecular, Parque Científico de Madrid.*

Outro centro espanhol de destaque devido à sua atuação no setor de pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico é o CIDETEC⁷⁴. Dentre as companhias espanholas atuantes no setor nanotecnológico destacam-se a Nanotec Electronica.

Holanda

Na Holanda o NWO⁷⁵ financia pesquisa científica nas universidades e institutos através de aproximadamente 140 programas de pesquisa e bolsas. O governo holandês considera a Nanoscience/Nanotechnology como um dos temas prioritários que receberá atenção especial e investimentos nos próximos 5 anos (2002-2005)⁷⁶. Os principais assuntos abordados serão:

- *EUROCORES-programme Self-organised Nano-structures*
- *Materials Specific Theory for Interface and Nano-Physics*
- *Nanostructured Opto-Electronics Materials*
- *Nanotechnology and Nanoelectronics*
- *Photon Physics in Optical Materials*
- *Quantum Optics of Small Systems*
- *Single-Molecule Detection and Nano-Optics*
- *Softlink: Technology-Related Soft Condensed Matter Research*
- *Solid State Quantum Information Processing*
- *NanoNed/nanoImpuls: microelectronics, macromolecular chemistry and biotechnologie.*

⁷⁴ Centre for Electrochemical Technologies

⁷⁵ Netherlands Organization for Scientific Research

⁷⁶ Fonte: no site www.nwo.nl

Atualmente, o Ministério da Economia investe USD\$ 66 milhões no programa NanoNed/Nano-Impuls no qual colaboram 8 institutos⁷⁷. Um adicional de USD\$67 milhões será investido em infra-estrutura experimental. Isto é uma continuação do investimento inicial de USD\$ 17 milhões que foi destinado a 5 programas de nanotecnologia em 1999. Além dos investimentos do governo a *National Science Foundation*, *European Comission* e instituições privadas financiam programas de pesquisa em nanotecnologia. Entretanto, os investimentos das empresas privadas são relativamente baixos. De fato, as grandes companhias como a Shell, Akzo, Unilever e Phillips não investiram o suficiente em pesquisa no setor de MEMS,⁷⁸ colocando a Holanda numa posição frágil com relação à aplicação e comercialização de pesquisa nesse setor que é um dos setores tecnológicos mais fortes da Holanda.

Os Centros de Pesquisas mais importantes na Holanda são:

- *DIMES*
- *Phillips Research Institute in Eindhoven*
- *SST Netherlands Study Center for Technology Trends*
- *Research Institute of University of Twente*

Os principais temas em nanotecnologia abordados pelas Universidades e Centros de Pesquisa públicos são listados abaixo:

- *Nanoengineering*
- *Polymers as building blocks in Nanotechnology*
- *Lab-on-a-Chip*
- *Tissue Engineering*
- *Electrowetting*
- *Ion manipulation in nanochannels*
- *Microreactors*
- *Photonics*
- *Drug Delivery*
- *Self-Replication Systems*

Nos centros de pesquisa privados das indústrias desenvolvem-se principalmente os seguintes tópicos:

- A Philips desenvolve nanotecnologia para *organic electronics e displays*.
- CV2 que é uma companhia de nanotecnologia exclusivamente holandesa desenvolve pesquisas juntamente com o MESA e o Insitute for Nanotechnology (*the largest research institute of the University of Twente*) nos setores de telecom e non-telecom OEMs (original equipment manufacturers) que integra o uso de MEMS com *planar optics design software-Seamless Microsystem Engineering*.

Apesar do ministétio da defesa não financiar projetos de nanotecnologia para fins militares, o ministério da defesa americano financia o projeto BIOMADE do qual participa uma companhia holandesa. Esse projeto se baseia na construção de um biosensor capaz de identificar a presença de antraz. Esse biosensor será incorporado à roupa de soldados.

A Holanda não possui nenhum programa exclusivo de incentivo à Nanotecnologia. Entretanto, em 2003 foi criada a Plataforma de Inovação que já

⁷⁷ Fonte: site www.nanotec.org.uk/evidence/Netherlands.htm

⁷⁸ Microelectromechanical Systems

recebeu USD\$ 227 milhões. O objetivo dessa plataforma é incentivar a interação entre pesquisadores e empreendedores com a finalidade de criar novos produtos.

Suécia

Pesquisa e desenvolvimento têm alta prioridade na Suécia ⁷⁹, já que se trata de um dos países que investe a maior porcentagem (~4,3 %) do seu PIB em Pesquisa e Desenvolvimento. O Ministério da Educação e Ciência é responsável pela política que rege a educação e pesquisa no país e coordena as seguintes áreas⁸⁰:

- Área 15: sustentação financeira para estudantes;
- Área 16: sustentação financeira para educação e pesquisas acadêmicas;
- Área 17: sustentação financeira para cultura, mídia, comunidades religiosas e atividades de lazer.

As despesas do Ministério da Educação e Ciência com a área 16 são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10. Despesas do Ministério da Educação e Ciência com a área 16.

Área 16	Investimento (USD\$ bilhões)
Educação	5,543
Pesquisa	0,445
Total	5,988

De uma forma geral, a pesquisa básica realizada nas universidades públicas, *colleges* e universidades privadas é financiada por investimentos fixos do Estado e investimentos flexíveis dos conselhos, agências e fundações específicas de cada área. A Tabela 11 mostra as fontes de financiamento e as respectivas áreas de pesquisa e desenvolvimento.

Costs for R&D at Swedish universities 2001 by research topic and by source of funds, %

Subject area	Total	Block grants made by the government to the universities	Research councils	University foundations	Government agencies	Municipalities and county councils	Research foundations	Swedish non-profit organisations	EU	Other funding bodies*
Total, % of SEK 17,617 million	100	47	7	1	14	3	6	10	2	9
Humanities and religious studies	6	4	0	0	1	0	0	1	0	0
Juridical science/law	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Social sciences	11	5	1	0	2	0	1	1	0	0
Mathematics	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Natural sciences	19	9	2	0	3	0	1	1	1	1
Engineering	23	8	1	0	5	0	3	2	1	2
Forestry/Agricultural sciences	5	2	0	0	1	0	0	1	0	0
Medicine	27	13	2	1	2	1	1	4	1	3
Dentistry	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pharmacy	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
Veterinary medicine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other research fields	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Not classified by field	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0

* Swedish and foreign companies, foreign non-profit organisations and other bodies.
Source: Statistics Sweden

Tabela 11. Principais fontes de financiamento e as respectivas áreas de pesquisa e desenvolvimento.

⁷⁹ Fonte: The Swedish Research System no site <http://www.sweden.se>

⁸⁰ Fonte: site www.sweden.gov.se

Cada ano o *Swedish Research Council*, maior órgão de investimento em pesquisa básica da Suécia, distribui mais de USD\$ 272 milhões. Em 2003, as patentes geradas a partir de projetos financiados pelo governo resultaram em mais de USD\$ 3 bilhões.

A Suécia não apresenta um programa específico de incentivo à pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico. Entretanto, desde 2001 o governo considerou alguns temas correlacionados com a nanotecnologia como prioritários e está aumentando o investimento nesses setores. O investimento total gasto com pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico na Suécia fica em torno de USD\$ 10 milhões por ano. Os principais centros são:

- *Ångström Consortium (Ångström Nano Centre)* em Uppsala
- *Nanometer Structure Consortium* em Lund
- *Cluster-based and Ultrafine Particle Materials* da Universidade de Uppsala e Royal Institute of Technology
- *Brinell Center* do Royal Institute of Technology

A Suécia também apresenta um programa de nanotecnologia militar que recebe cerca de USD\$ 13 milhões a cada 5 anos para realizar pesquisa em nanotecnologia com propósitos militares.

Suíça

Com 7 milhões de habitantes, localizada na Europa central, a Suíça é extremamente forte em micro e nanotecnologia⁸¹. É conhecida sua tradição na fabricação de relógios e tecnologias de precisão. Em termos de renda per capita, a Suíça é o país que mais investe em nanotecnologia, cerca de 25 milhões de dólares por ano. Na Suíça, um sistema de inovação integrado por agências federais, regionais, industriais, acadêmicas e fundações de pesquisa e desenvolvimento privadas têm priorizado recursos para micro e nanotecnologia, desde 1990.

A Suíça possui três programas principais de pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico. O *ETH-Board*⁸² e CTI⁸³ financiaram o programa TOPNANO21⁸⁴ (2000-2003) que foi o sucessor do programa MINASAT⁸⁵ (1996-1999). Estes programas de desenvolvimento nanotecnológico priorizam a colaboração entre universidades e indústrias. O programa MINASAT investiu USD\$ 30 milhões em projetos de desenvolvimento nanotecnológico num período de 4 anos. Já o programa TOPNANO21 investiu 55 milhões de dólares num período de 4 anos em mais de 200 projetos envolvendo a colaboração de mais de 150 companhias dentre as quais destacam-se⁸⁶: Sulzer Innotec, Unaxis, Serono, Dow Europe, Siemens, ABB, Nortel, Nestlé, NanoFeel, Concentris, Nanolight International Ltd., Mecartex, NanoSurf AG, VHF Technologies, Tissupor, GreatCell Solar SA.

Projetos financiados pelo programa TOPNANO 21 resultaram em vários produtos inovativos tais como: *self-cleaning windows, a real-time holographic 3D imaging system, superfabrics that resist cold and dirty, thin film solar cells and low-cost portable atomic force microscope*.

⁸¹ Fonte: <http://www.swissemb.org/ls/malsch.pdf>

⁸² The Board of Swiss Federal Institutes of Technology

⁸³ Commission for Technology and Innovation

⁸⁴ Swiss program around the role of the Nanometer in the world of science, technology and industry at the beginning of the 21 st century

⁸⁵ Swiss Priority Program on Micro- and Nano- System Technology

⁸⁶ Swiss Successes Lead to More Government Money for Nanotech (www.smalltimes.com)

Baseado no sucesso dos programas de apoio a nanotecnologia o *ETH-Board* e o CTI organizarão um novo programa de incentivo à nanotecnologia (2004-2007), com orçamento em torno de USD\$ 30 milhões. Eles acreditam que mesmo um investimento relativamente baixo será suficiente para estimular o desenvolvimento industrial de novas nanotecnologias.

Outros programas voltados para pesquisa básica em nanotecnologia como NFP36⁸⁷ (1995-1999) e NFP47⁸⁸ (2000-2004) são financiados pela *Swiss National Research Programme*. O programa em vigência NFP47 recebe anualmente USD\$ 2 milhões.

O NFP47 financia projetos relacionados aos seguintes tópicos:

- *Information Storage*
- *Molecular Switches*
- *Wires*
- *Electron and Photon Transport*
- *Sensor and Diagnostics Tools*
- *Molecular Magnets*

Outro programa importante é o *Nanoscale Science*⁸⁹ financiado pelo NCCR⁹⁰ que investe USD\$ 15 milhões em projetos de nanotecnologia no período de 2001 a 2005. O *Nanoscale Science* é um programa interdisciplinar de longa duração envolvendo mais de 120 cientistas de universidades, institutos de pesquisas federais e industriais. Os grupos de pesquisa inseridos nesse programa dão ênfase aos seguintes tópicos:

- *Impact of nanoscale science on the life sciences and medicines*
- *Molecular nanoscience*
- *Quantum devices and systems for computing and communication*
- *Nanoscale science at the ultimate limits*
- *Nanomaterials ranging from biological systems, carbon-nanotubes to nanoclusters*

De uma forma geral, a Suíça apresenta competência nos seguintes setores:

- *Cantilever applications for AMF, STM, SPM, arrays, sensors*
- *Nanobiology: nano-containers, single molecule detection*
- *Nanofactory: machining, replication, assembling, handling, calibration*
- *Nanomaterials: powder, composites, fullerenes*

Os setores que mais recebem investimentos industriais são: *nano-surfaces, nanopowder, nano-replication, nanocomposites, nano-tips and probes, nano-instrument, nano-machining and nano-assembling*.

Ásia e Austrália

Visão Geral

A região dos países asiáticos do Pacífico está se tornando uma das regiões mais desenvolvidas em nanotecnologia no mundo. Mudanças significativas têm ocorrido nas políticas de ciência e tecnologia nestes países desde o anúncio do NNI americano em 2000, planejando e colocando a nanotecnologia como uma das áreas de prioridade no

⁸⁷ Swiss National Research Program 36 on Nanosciences

⁸⁸ Swiss National Research Program 47 on Supramolecular Functional Materials

⁸⁹ Fonte: site www.nccr-nano.org

⁹⁰ National Center of Competence in Research

planejamento de C & T. Os orçamentos para R & D em nanotecnologia têm aumentado consideravelmente e os recursos têm sido estrategicamente alocados.

O gasto público total destes países foi de aproximadamente USD\$ 1,4 bilhões⁹¹ em 2003 e os investimentos privados estão aumentando, uma vez que tem se tornado clara a importância de se fazer R & D nas indústrias e nos negócios.⁹²

Detalhes específicos dos programas e iniciativas em nanotecnologia serão descritos para cada país, mas pode-se neste momento fazer uma comparação dos fundos destinados a estes programas/iniciativas nos países asiáticos, como apresenta a Figura 5, para o período 2003-2007.

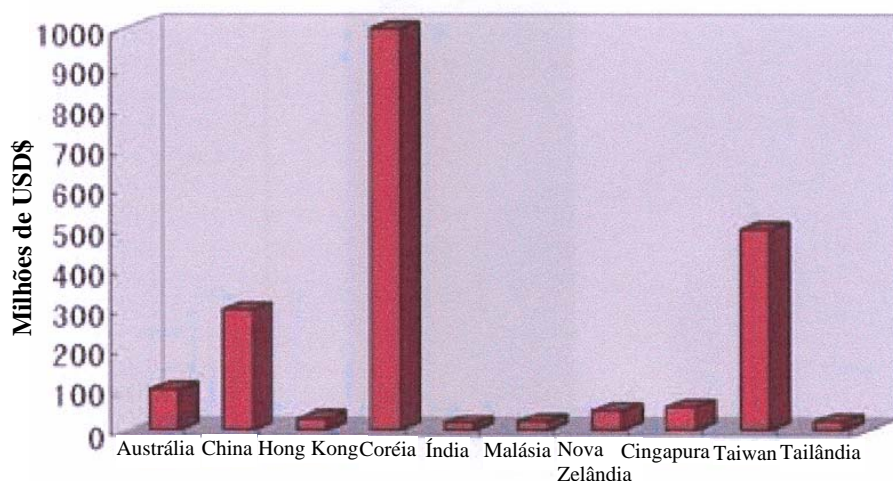


Figura 5. Comparação dos fundos destinados à nanotecnologia para o período 2003-2007 nos países da Ásia (Asia Pacific), com exceção do Japão.

A Figura 6 mostra uma comparação dos fundos para nanotecnologia entre a União Europeia (EU), Ásia e Estados Unidos (USA) entre 2001 e 2003.

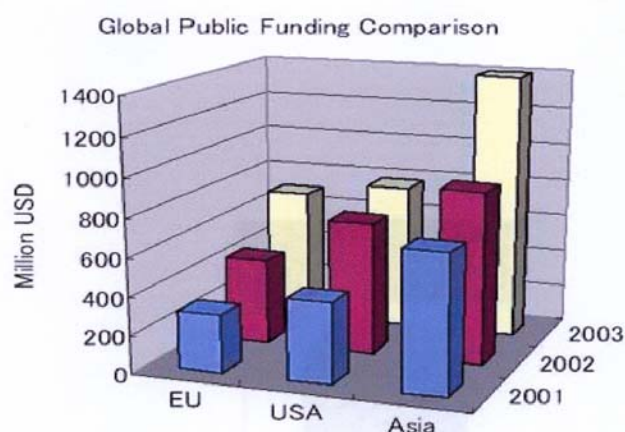


Figura 6. Comparação dos recursos públicos destinados a nanotecnologia na União Europeia (EU), Estados Unidos (USA) e Ásia.⁹³ No caso dos Estados Unidos, os valores apresentados não incluem microeletrônica e MEMS.

⁹¹ 70% deste valor corresponde aos gastos do Japão, ao câmbio de 100 yenes por USD\$1).

⁹² Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, **2004**, vol. 2, nº 5. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

⁹³ A unidade é o USD e se admite que 100 yens= 1USD 1 e 1 Euro= 1 USD

O gráfico da Figura 6 mostra um aumento de aproximadamente 40% nos recursos destinados, pelos países asiáticos, à nanotecnologia. É bastante clara a intenção dos governos asiáticos em fortalecer iniciativas e esforços para dirigir definitivamente seus países para o futuro da nanotecnologia. A Ásia tem se tornado uma excelente região para estabelecer parcerias globais e há muitas oportunidades de negócios nesta área. Diferentemente da União Européia, ainda não há uma Comissão Asiática para coordenar as redes de trabalho e R&D em nanotecnologia, embora o Japão esteja se empenhando e vários encontros estejam sendo realizados para discutir o estado do desenvolvimento da nanotecnologia na Ásia, como por exemplo, o Nanotech 2003.

China

A política básica do governo chinês é promover ciência e educação para alcançar desenvolvimento econômico sustentável. O orçamento nacional de R&D foi reformulado em 1985, levando à privatização de institutos de pesquisa. Entre 1998-1999 242 institutos foram privatizados e as instituições sem fins lucrativos foram reorganizadas em 2000. Seguindo a privatização e a reorganização das atividades, um sistema de subcontratação de projetos de pesquisa teve início em 2001.⁹⁴ Não há informações oficiais sobre o orçamento destinado para nanotecnologia pela China, e as informações sobre recursos destinados foram obtidas de notícias e documentos de pesquisadores chineses na internet.

As principais agências de financiamento de pesquisa em nano na China são CAS (*Chinese Academy of Sciences*), NSFC (*National Natural Science Foundation of China*), MOE (*Ministry of Education*) e MOST (*Ministry of Science and Technology*). As fontes de recursos incluem o *National Committee for Development and Planning* (NCDP).

O financiamento do NSFC e MOE são principalmente para pesquisa básica e realizada nas universidades. O MOST tem vários programas incluindo o *National 973 Basic Research Program*, *National 863 Technology Transfer Program* e *National 5-year Industrialization Project*. No MOST os projetos em nano já foram iniciados na década de 80. O *National 863 Program for Nano Science and Technology* foi iniciado em 2002 com orçamento total de USD\$ 20 milhões e inclui 63 projetos como nano-electronics, nano-biotechnology, nano-environment, nano-energy, nano-functional materials, nano-structural materials, nano-detection instruments e outros.⁹⁵

Os projetos da CAS incluem:

1. *Study of Carbon Nanotubes and Other Nanomaterials*
2. *Bond-selective Chemistry and Manipulation of Single Atoms*
3. *Molecular Electronics*
4. *Photocatalytic and Photoelectronic Chemistry of Nanosemiconductors*
5. *SPM Studies on Surface and Interfaces*
6. *Study Artificial "Super-atoms" and so on.*

Há cerca de 50 universidades, 20 instituições (dentro da CAS) e mais de 100 companhias desenvolvendo R & D na China em *nanoscience and technology*, de acordo com o MOST.

A China planeja gastar USD\$ 250-300 milhões no período de 2001-2005 em nanotecnologia e quer iniciativas mais agressivas para alcançar a Coreia, em termos de

⁹⁴ China. The Economic and Technological Powerhouse of the 21st Century. Plausible Futures Newsletter, September, 2002, no site www.plausiblefutures.com

⁹⁵ More About the Status on China Nanotech R & D. *Asia Pacific Nanotech Weekly*, Vol.1-2, China (2003-2004). Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php>

fundos destinados à nanotecnologia.⁹⁶ Apenas para comparação o governo chinês gastou USD\$ 45 milhões no período 1999-2001.⁹⁷

A *Chinese Academy of Sciences* é a maior organização de pesquisa do país, com 110 instituições de pesquisa, 68.000 pesquisadores e 17.000 estudantes de pós-graduação. O orçamento anual da CAS é de USD\$600 milhões.

Cerca de 50 universidades, 30 instituições e 300 empresas estão envolvidas em pesquisa na área nanotecnológica na China.

A pesquisa se concentra em materiais, enquanto que nanodispositivos e bionanotecnologia são áreas ainda bastante limitadas. Em 1999-2001 havia 573 projetos de pesquisa, sendo que destes 73 projetos tinham somente USD\$60 mil de financiamento. O orçamento dedicado à pesquisa em nanotecnologia é sempre muito baixo: 10 anos de orçamento de pesquisa na China são comparáveis ao orçamento de apenas 1 ano do que os Estados Unidos gastam em pesquisa na área de nanotecnologia.

A CAS tem alcançado resultados importantes na pesquisa de nanotubos de carbono, nanopartículas e pós, bem como tem conduzindo pesquisas em nanomateriais fotocatalíticos com aplicações na descontaminação de água, superplasticidade e extensibilidade de nanomateriais de cobre e materiais super-anfifóbicos. No entanto, necessita-se de maior investimento na pesquisa de nanodispositivos quânticos e moleculares.

A CAS e a *National Science Foundation China* (NSFC) criaram projetos de pesquisa básica em *Scanning Probe Microscopy* (SPM) e aplicações em nanociência, entre 1986-1987. Em 1990 o MOST (*Ministry of Science and Technology*) fundou o *Nanomaterials Project* dentro do *National Climbing Program Initiative*. Já em 1999, o MOST lançou o *National Key Basic Research Program* em “*Nanomaterials and Nanostructures*” que tem financiado pesquisa em temas importantes, como os nanotubos de carbono (CNTs).⁹⁸

Posteriormente o *Applied Research on Nanomaterials Program* foi também lançado dentro do *National High-tech Development Program* (também chamado de programa 863). Em 2001, o *National Steering Committee on Nanotechnology* foi formado e a Nanotecnologia foi eleita como uma importante prioridade no *10th Five-year Plan*. Com a aprovação do “*Outline of National Nanotechnology Development*”, elaborado em conjunto pelo *National Planning Commission*, MOST, MOE (*Ministry of Education*), CAS e NSFC, pelo *Chinese State Council*, houve um substancial aumento no volume de recursos do orçamento destinados à pesquisa, totalizando USD\$250 milhões em cinco anos (2001-2005), bem como dos programas de pesquisa em nanotecnologia. Metade dos fundos vem do MOST e o restante é financiado pelo *National Committee for Development and Planning*, MOE (*Ministry of Education*), CAS e NSFC.⁹⁹

A Tabela 12 apresenta uma lista dos principais centros de nanotecnologia na China.

⁹⁶ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, **2004**. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

⁹⁷ Fonte: Nanotechnology Organizations and Programs in China, **2003**, no site <http://www.atip.org/public/atip.reports.03/atip03.054.pdf>

⁹⁸ Nanotechnology Centers in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, **2004**, vol. 2, nº11. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

⁹⁹ China. The Economic and Technological Powerhouse of the 21st Century. Plausible Futures Newsletter, September, 2002, no site www.plausiblefutures.com

Tabela 12. Principais Centros de Nanotecnologia na China.

<i>Name</i>	<i>Location</i>
<i>CAS Nanotechnology Research Center</i>	<i>CAS Beijing</i>
<i>Nanomaterials Development and Application Center</i>	<i>Institute of Solid State Physics, CAS, HeiFei</i>
<i>Beijing Univ. Nanoscience and Technology Center</i>	<i>Beijing University, Beijing</i>
<i>Micro and Nanotechnology Center</i>	<i>TsingHua University, Beijing</i>
<i>Surface Science, Nanotechnology and Engineering Center</i>	<i>Beijing University of Science and Technology, Beijing</i>
<i>Nano Science and Technology Research Center</i>	<i>Shanghai University</i>
<i>Shanghai Promotion Center for Nanotechnology and Industrial Development</i>	<i>Shanghai Region</i>
<i>Shen Yang Nano R&D Center</i>	<i>Shen Yang University</i>
<i>Micro and Nanotechnology Center</i>	<i>Shang Dong University</i>
<i>Nano and Biotechnology Center</i>	<i>Hunan University</i>
<i>Nanotechnology Center</i>	<i>Wuhan University</i>
<i>Guangzhou Southern Nanotech Center</i>	<i>Guangzhou Southern University</i>
<i>Nanotech Center</i>	<i>Xi Na Electronics Science and Technology University</i>

A *Chinese Academy of Sciences* (CAS) é uma das instituições de pesquisa mais citadas na literatura, na área de nanotecnologia (atrás de UC Berkeley, IBM e MIT), estando dentre as instituições com mais de 100 artigos publicados em nanotecnologia no período 1992-2002. Neste mesmo período a China ocupou a terceira posição em número de patentes depositadas, sendo responsável por 12% do total mundial, atrás de Estados Unidos com 32% e Japão com 21%.¹⁰⁰

Nos últimos três anos, a China investiu na criação de cinco novos centros de pesquisa em nanotecnologia, como apresenta a Tabela 13. O investimento chegou a USD\$58,4 milhões na criação de três do cinco centros.

Tabela 13. Centros de pesquisa criados pela China para pesquisa e comercialização da nanotecnologia produzida.

<i>Name</i>	<i>Founding date</i>	<i>Funding Source</i>	<i>Funding Size USD</i>	<i>Location</i>	<i>Description</i>
<i>National Center for Nanoscience and Technology</i>	<i>Dec. 2002</i>	<i>Central Government</i>	<i>29,8 million</i>	<i>Beijing City</i>	<i>Nanoscience and national platform for research strategy, coordination and international collaborations</i>
<i>National Nanotechnology Industry Base</i>	<i>Dec. 2000</i>	<i>Central Government and Tianjin Government</i>	<i>-</i>	<i>Tianjin City</i>	<i>Central facilities and incubation for R & D spin offs from Beijing and elsewhere</i>

¹⁰⁰ Status of Nanotech Industry in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 24, 23/06/2004. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

Beijing Nanotechnology and Industry Development	-	Beijing Government	4,8 million	Beijing City	Coordination of nanomaterials research projects in Beijing region
Shanghai Nanotechnology and Industry Development Promotion Center	Jul. 2001	Shanghai Government	-	Shanghai City	International application, commercialization and coordination in Shanghai region
National Center Engineering	Oct. 2003	-	23,8 million	-	Center focusing on Nanotechnology Application R&D

O National Center for Nanoscience and Nanotechnology (NCNN) é uma organização sem fins lucrativos (non-profit) sob administração autônoma com uma diretoria responsável pela estratégia de pesquisa do centro. O centro conta também com um comitê consultivo e um comitê acadêmico.¹⁰¹

O NCNN consiste de *Nano-processing and Nano-device Laboratories, Nano-materials and Nano-structure Laboratories, Nano-medicine and Nano-biotech Laboratories, Nano-structure Characterization and Test Laboratories, Coordination Office e Information Office*.¹⁰²

Para acelerar a comercialização de R&D tem surgido na China¹⁰³ diversas subsidiárias (spin-offs) de instituições líderes de pesquisa. Muitas delas estão ainda por adquirir experiência profissional em negócios para continuar a crescer. Um exemplo é a CAS Nanotechnology and Engineering Center Corporations Ltd. (CASNEC), fundada no final de 2002 como uma plataforma para acelerar a comercialização da R&D da CAS. A Tabela 14 apresenta alguns dados sobre esta empresa.

Tabela 14. Dados sobre a CAS Nanotech Engineering Center Co. Ltd.

<i>Name</i>	<i>CAS Nanotech Engineering Center Co. Ltd., China</i>
<i>Company Size</i>	<i>60 personnel</i>
<i>Founding Date</i>	<i>Nov. 2002</i>
<i>Technology</i>	<i>Superamphiphobic and Superamphiphilic Nanomaterials, Photocatalytic Nanomaterials, and SPMS from CAS</i>
<i>Capital/investment</i>	<i>USD\$ 8,5 million</i>
<i>Investors</i>	<i>Good Fellow Group (HK Listed Company)</i>
<i>Strategy</i>	<i>Technology licensing, R & D focus for industrials and partnering with companies with existing large market shares</i>
<i>Partners</i>	<i>Erdos (Cashmere Company), Beijing Glass Ltd, Shan Shan Suit Co. Ltd. and others</i>
<i>Product</i>	<i>Superamphiphobic and Superamphiphilic Textiles and Coating for windows, air cleaner, nanocompósito polyurethane and SPMS</i>

¹⁰¹ Nanotechnology Centers in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, 23/06/2003. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

¹⁰² O website do centro é www.nanoctr.cn

¹⁰³ In developing countries such as India and China seed investors and venture capitalists are not yet significant drivers of commercial technology developments. In addition, big business houses are not yet at the cutting edge of these technology developments, and the academic and government laboratories are not strongly tied up in an infrastructure that promotes the commercialization of the developed technology. Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

<i>Revenue</i>	<i>Positive, balanced</i>
<i>Uniqueness</i>	<i>Backed by CAS in terms of HR, R & D infrastructures and even research funds</i>
<i>Comments</i>	<i>China can be competitive in applications of nanomaterials to existing industries</i>

O principal investidor da empresa é o *Good Fellow Group*, de Hong Kong, que detém 55% de participação na empresa.¹⁰⁴ O CAS tem 20% das ações, os cientistas da CAS 15% e o YongFeng High Tech Park tem 10%. O conceito de negócios da CASNEC é produzir uma plataforma de transferência de tecnologia para a R&D da CAS. A principal fonte de receita provem da transferência de tecnologia para produção em média escala e de serviços de consultoria. A empresa assinou um contrato de licenciamento de tecnologia em 2003 com a ERDOS Group, o maior fabricante de cashmere da China, que ocupa cerca de 30% do mercado nacional.

Comparada a outras empresas de risco, a CASNEC destaca as seguintes vantagens:

- 1) *direct access to the R & D results of CAS;*
- 2) *access to pool of good human resources including the experienced and retired scientists and engineers from CAS;*
- 3) *receiving stable financial support from government and*
- 4) *no market risk*

A CASNEC emprega 26 PhDs, 112 estudantes de mestrado, 3 MBAs e 7 técnicos. Além da CASNEC há quatro outras empresas *spin off* criadas pela CAS, descritas na Tabela 15.

Tabela 15. Outras companhias (spin offs) criadas pela CAS relacionadas com nanotecnologia e nanociência.

<i>Name of company</i>	<i>Founding Time</i>	<i>Capital in USD</i>	<i>Products</i>	<i>Revenue in USD em 2002</i>
<i>Beijing Zhong-Shang Century Nanotechnology Co. Ltd</i>	<i>Sept 2000</i>	<i>\$ 2,4 million</i>	<i>Super-amphiphobic/amphiphilic textile and coating materials</i>	<i>\$ 2.8 million</i>
<i>Beijing Nano-Plastic Co. Ltd</i>	<i>May 2001</i>	<i>\$ 0,72 million</i>	<i>Nano-composite PU for playground</i>	<i>\$ 1.0 million</i>
<i>Beijing Hua-Ben Photocatalytic Technology Co. Ltd</i>	<i>Oct 2001</i>	<i>\$ 1,2 million</i>	<i>Photo-catalytic technique for air cleaning and water treatment products</i>	<i>NA</i>
<i>Beijing Bem-Yuan Scientific Instrument Co. Ltd</i>	<i>1988</i>	<i>\$ 0,12 million</i>	<i>Scanning Probe Microscopes including STM, AFM and SNOM</i>	<i>\$ 0.24 million</i>

O governo central chinês alocou cerca de USD\$12 milhões para a comercialização de produtos de nanotecnologia em 2002, que se distribuíram entre as seguintes áreas: plásticos 20%, têxteis 20%, cerâmicas 17%, revestimentos 13%, borracha 13% e outros 17%.

¹⁰⁴ The Chinese Academy of Sciences Leading the Way to Commercialising Nanotechnology. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 11, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/11.php

Aproximadamente 800 companhias de nanotecnologia foram criadas na China de acordo com o MOST (Ministry of Science and Technology). A Tabela 16 apresenta uma estatística da distribuição das companhias em diferentes áreas.

Tabela 16. Distribuição das companhias de nanotecnologia criadas na China entre 2001 e 2002.

Nanotechnology	Number of Companies	
	Julho de 2001	Julho de 2002
<i>Nanomaterials Process</i>	68	83
<i>Nanomaterial Application</i>	33	48
<i>Nanomaterial Device</i>	11	19
<i>Ultra-fine Powder Process</i>	73	105
<i>Ultra-fine Powder Application</i>	112	136

Conforme se observa na tabela anterior, a produção de pós nanoestruturados, tanto em processo quanto em aplicação, é de grande interesse para a China. A maioria das empresas se distribui entre Shanghai (35%), Beijing (30%) e Shenzhen (15%). A província de Guangdong tem a maior porcentagem de companhias de *nanopowders*.

Comparando com países como Estados Unidos e Japão a China necessita de infraestrutura para comercialização nas indústrias *high tech*, principalmente no campo dos dispositivos (devices). Já no campo de aplicação de materiais, a China é competitiva. No entanto ainda necessita de infraestrutura para materiais eletrônicos avançados e há ainda um substancial *gap* entre a pesquisa básica e a indústria eletrônica. No campo da biotecnologia, as aplicações de nanotecnologia na medicina chinesa poderiam ser de interesse da indústria.¹⁰⁵

Há duas estratégias de implementação da nanotecnologia na China: de curto e longo prazo. A estratégia de curto prazo é integrar a nanotecnologia com as indústrias tradicionais e desenvolver produtos com qualidade competitiva e performance que beneficie os consumidores e mude sua qualidade de vida. Para conseguir a comercialização da nanotecnologia, a China está estabelecendo o *Industry Base and Engineering Center* próximo a Beijing e Shanghai. O *Nanotechnology Industry Base* está sendo construído em TianJin, a cerca de 100 km de Beijing. A pesquisa aplicada das principais organizações de R & D na área de Beijing será transferida para Tian Jian quando o centro se tornar operacional.

A estratégia de longo prazo é reforçar a ciência básica e aumentar a competitividade global da nanociência e nanotecnologia na China. O governo alocou USD\$ 33 milhões para construção do *National Research Center of Nano Science and Technology*. Este centro integrará as instituições top em R & D da China tais como: Chinese Academy of Sciences, Beijing University, TsingHua University, Fudan University, Jiaotong University, Nanjing University e East China University of Science and Technology. O objetivo deste centro é *to perform better coordinated and world class scientific research in nano science and technology*.

Os destaques da realização nanotecnológica na China podem ser assim resumidos:

¹⁰⁵ O maior depositante de patentes (466) em nanomedicina e nanobiologia, Yang Mengjun, é acusado de nanobiopirataria, uma vez que patenteia ervas medicinais da medicina chinesa através da preparação de pós nanométricos, assegurando para si o monopólio sobre qualquer tipo de raiz, casca, folha e fruta que seja utilizada para fins medicinais. Site: www.captainhookawards.org/hook.html

- a) *Nanomaterials (Quasi-1D nanomaterials including CNT, Nanocables, Nanochannels, and Nanowires; Advancement in Hydrothermal Synthesis Method; and Nanostructured Metal and Ceramics).*
- b) *Nanodevices (100 nm level MOS Devices at TsingHua University; Infrared Adsorbing Quantum Dot Embedded Superlattices and Quantum Dot Laser at the Institute of Semiconductor of CAS; Ultra-high Density Data Storage on Organic Films at the Institute of Physics of CAS.*
- c) *Detection and Characterization of Nanostructures (self-developed SPM at the Institute of Chemistry of CAS, Self-constructed UHV-SEM-STM-EELS, LT-SNOM Systems).*

O crescimento no desenvolvimento nanotecnológico na China tem avançado rapidamente nos últimos anos, especialmente pelo maior volume de recursos orçamentários alocados para R & D e também pela qualidade dos programas de pesquisa.

A província de Beijing tem planejado gastar USD\$2 bilhões até 2005, sendo que metade deste valor viria da participação privada.¹⁰⁶

Na China há mais de 20 instituições e companhias fazendo R & D em nanotubos de carbono. As companhias high-tech são geralmente fundadas por investidores locais, companhias IPO, governos regionais, o MOST e grandes corporações de Hong Kong e Taiwan. A ShenZhen Nanoport (NTP) foi fundada em 2001 por um grupo de empresários acadêmicos da CAS e investidores da cidade de Shenzhen, estrategicamente localizada na Shen Zhen HighTech Park, com sua indústria de fabricação localizada em Wuhan.¹⁰⁷

Este grupo, liderado pelo Prof. Zuo-Long Yu (especialista na síntese e aplicação de nanotubos de carbono), desenvolveu o “Fluidised-Bed Processing for Mass Producing Carbon Nanotubes by Catalyst Method” e “Moving-Bed Processing for Continuous Producing Carbon Nanotubes by Catalyst Method”, as quais são as tecnologias chaves da NTP para a produção em massa de nanotubos de carbono, incluindo nanotubos de carbono com *multi-wall*, *single-wall* e *doublé-wall*, com dimensões e características controladas.

Também demonstraram que nanotubos de carbono podem ser absorvedores de micro-ondas e ainda demonstraram propriedades de absorção de ondas eletromagnéticas de banda larga.

A produção anual é da ordem de toneladas de MWCNT desde 2001 e tem sido reconhecida como uma das maiores fabricantes de nanotubos de carbono no mundo. Também já alcançou capacidade de produzir single-wall e double-wall carbon nanotubes em grande quantidade e com alta qualidade. A NTP começou com 10 pessoas e hoje tem 40, sendo que 60% são pesquisadores.

A NTP também trabalha em colaboração com grandes universidades e companhias ao redor do mundo, mas trabalha ativamente com universidades, laboratórios nacionais e indústrias nacionais para garantir sua liderança na pesquisa e imediatas aplicações industriais. No entanto para o financiamento da pesquisa ainda se faz necessários recursos do governo central e local que totalizam cerca de USD\$1 milhão.

As principais tecnologias da NTP são:

¹⁰⁶ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

¹⁰⁷ China Nanotech Star-up: ShenZhen Nanoport. *Asia Pacific Nanotech Weekly*, Vol.1-2, China (2003-2004). Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php>

1. *Continuous batch process of various standards carbon nanotubes (core technology and patented in China¹⁰⁸)*
2. *Dispersing technology of carbon nanotubes (well-developed)*
3. *Applied technology for carbon nanotubes in coating industry (863 project jointly developed with CAS)*
4. *Applied technology for carbon nanotubes in plastic industry (currently being developed).*

Os principais produtos desenvolvidos pela NTP são: *single wall carbon nanotubes, double wall carbon nanotubes, multi wall carbon nanotubes, light color/color anticorrosive electrostatic conductive coating, CNTs-filled master batches for electrically conductive PC (under developing), CNTs-filled master batches for electrically conductive PA66 (under developing) e CNTs-filled master batches for electrically conductive PEEK (under developing).*

No começo de 2004, China e Taiwan iniciaram a construção do *Nano Sci-Tech Industrial Park* em Xian, capital da província de Shaanxi, na China. O centro de pesquisa e desenvolvimento já lançou 20 programas em pesquisa de supercondutores e nanotecnologia, incluindo o desenvolvimento de *nanofilmed glass* para a indústria da construção. Xian é um centro emergente de tecnologia na China.¹⁰⁹

O presidente da Foxcom Corporation (a maior indústria privada em Taiwan e uma das maiores no mundo de IT) doou USD\$ 37 milhões para o TsingHua-Foxcom Nanotechnology Research Center (TFNRC) construído no campus da TsingHua University (uma das mais prestigiadas universidades da China), pretendendo tornar-se referência mundial como centro de pesquisa em nanotecnologia, bem como ser uma espécie de ponte para a transferência de tecnologia.¹¹⁰

O centro conta com a direção do Professor Fan Shou-Shan, um dos mais conhecidos no campo da pesquisa dos nanotubos de carbono, e diferentemente de muitos centros de pesquisa na China o TFNRC está aberto, com todas as suas facilidades, a pesquisadores nacionais e internacionais, bem como incentiva colaborações e pesquisas interdisciplinares com universidades e indústrias. O centro manterá sua pesquisa acadêmica, mas também direcionará para aplicação no campo das indústrias de IT tais como: *flat panel displays, efficient batteries, thermal, optical and electronic devices. Computer-aided design and modeling for nano-optics, functional materials and devices* estão também no foco do centro. Um dos recentes resultados conseguidos pelo centro foi a demonstração de que nanotubos de carbono podem ser bons candidatos como fontes de luz incandescente polarizada devido à sua alta estabilidade a altas temperaturas no vácuo, emitindo luz.¹¹¹

¹⁰⁸ Wang, Y., Qu, M., YU, Z. Method of increasing the length of carbon nanotube. Patent Number CN1432528, 2003.

¹⁰⁹ ASIA-PACIFIC GOVERNMENTS INVEST IN NANO LABS AND RESEARCH CENTERS. Small Times. 22/01/2004, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=7269&keyword=China%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=11

¹¹⁰ Leading Nanotech Research Center in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 23, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-23.php

¹¹¹ Zhu, Y.C., Bando, Y., Xue, D.F. Spontaneous growth and luminescence of zinc sulfide nanobelts. *Applied Physics Letters* **2003**, 82, 1763-1765.

Hong Kong

Em Hong Kong o fomento de R & D provem de duas fontes principais: o Research Grant Council (RGC) e o Innovation and Technology Fund (ITF). O RGC financia principalmente pesquisa básica em universidades e o ITF financia pesquisa em universidades e indústrias nas regiões “mid-stream” e “downstream” para promover o avanço tecnológico, melhorar a competitividade da indústria já existente e criar novas indústrias em Hong Kong. Os administradores do RGC e ITF mantêm uma boa comunicação o que permite coordenar os programas financiados de forma a evitar superposições.¹¹² Os programas de nanotecnologia do ITF começaram em 2001 após a aprovação do *Development of Nanotechnology Initiative* pelo conselho legislativo.

Os principais objetivos da *ITF nanotech initiative* são:

1. *Enable the excellent research groups to build on its existing area of strengths in the development of nanotech applications.*
2. *Promote collaborative research and development among research groups in different science and engineering disciplines to create greater impact.*
3. *Encourage the integration of research activities through partnerships between academia and industries.*
4. *Development of functional nanomaterials for commercial applications in energy storage, telecommunications, textile, environmental and biomedical areas.*

O financiamento de projetos pelo ITF tem duração de 2-3 anos e a quantidade é geralmente maior que o auxílio dado pelo RGC. Os auxílios à pesquisa concedidos pelo ITF ficam entre USD\$260 mil e USD\$1,8 milhões. O orçamento total do ITF para pesquisa em nanotecnologia não é fixo, pois depende do número de propostas, mas para se ter uma idéia o financiamento total destinado aos projetos de pesquisa em 2001 foi de USD\$2,3 milhões e em 2002 chegou a USD\$ 5,3 milhões. No período de 1998-2002 o total destinado pelo RGC e ITF para pesquisa em nanotecnologia nas universidades foi de USD\$ 20,6 milhões, enquanto a indústria contribuiu com USD\$ 4,7 milhões, totalizando USD\$25,3 milhões.

Os quatro principais esquemas para financiamento pelo ITF são:

- a) *ITSP- Innovation and Technology Support Program which requires 10% industry matching fund*
- b) *UICP- University-Industry Collaboration Program which requires 50% industry matching fund*
- c) *SERAP-Small Entrepreneur Assistance Program*
- d) *GSP- General Support Program*

Os projetos financiados desde o final de 2001 são principalmente em nanomateriais visando indústrias de *coatings, textiles and displays*. Ainda em 2001 havia um projeto em andamento da Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) no desenvolvimento de transistores em *Nanoscale CMOS e Non-CMOS*.

Em 2002 a *Innovation Technology Commission* (ITC) emitiu edital em nanotecnologia dentro do *Innovation Technology Support Programme* (ITSP) do ITF com o objetivo de criar sinergia, colaboração e maior impacto através da integração de esforços individuais no sentido de avançar a tecno-economia da Hong Kong. Objetiva ainda o desenvolvimento comercial de materiais funcionais para armazenar energia, telecomunicações, optoeletrônicos, têxteis, biomedicina, entre outros. Para ajudar a avaliar e estimar as possíveis aplicações, o *Nanotechnology Projects Vetting Committee*

¹¹² Hong Kong Nanotechnology Initiative and Funding Programs. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 5, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php

(NPVC) foi formado e consiste de industrialistas locais e especialistas internacionais em nanotecnologia. Duas das cinco aplicações foram recomendadas e aprovadas recentemente, sendo elas:¹¹³

1. *Establishment of a Nanotechnology Center for Functional and Intelligent Textiles at Hong Kong Polytechnic University (PolyU) with total budget of USD\$1.88 million with USD\$ 1.6 million from ITF and the rest from local industries.*
2. *Development of Functional Nanomaterials and Technologies from the Hong Kong University of Science and Technology (HKUST). The total cost of the project is USD\$ 8.11 million, USD\$ 7.3 million from ITF and the rest from local industries.*

Assim o valor total de fundos do ITF para nanotecnologia para 2003-2004 é de USD\$ 8,9 milhões.

O projeto da PolyU objetiva melhorar as propriedades dos tecidos através da aplicação de *nano-finishing* (nanoacabamento) e nanotecnologia. O alvo do projeto é produzir produtos têxteis (tecidos) e de vestuário que exibam propriedades multifuncionais tais como: resistência ao ultravioleta, a manchas e que seja repelente a água e antibactéria. São os chamados tecidos inteligentes que poderiam responder a diferentes ambientes. Além desses também se objetiva produzir fibras fotônicas nanoestruturadas para telas em tecido.

O projeto da HKUST objetiva as seguintes áreas no período de quatro anos:

1. *Energy storage: microfuel cells based on ultra-small carbon nanotubes, fullerenes, nanoporous membranes and nanoparticles- Ecofriendly microfuel cells with nanostructured materials and miniaturized architecture for enhancing performance for portable electronic devices such as mobile phones and PDA.*
2. *Nanoelectronics: Displays based on ultra-fine nanostructures made with organic and inorganic materials- application on nanotechnology to provide better performance displays for driving display technologies to advance progressively.*
3. *Integrated manufacturing technologies for nanomaterials including CNTs and fullerenes, and nanoparticles including organic and inorganic compounds-lead to enabling technologies to produce high yield nanomaterial at low cost.*

O ITF designou USD\$ 7,3 milhões para o HKUST para desenvolver nanomateriais funcionais e tecnologias através do estabelecimento do *Institute of Nanomaterials and Nanotechnology (INMT)*. As três áreas principais de pesquisa, que são: baterias (*energy storage*), transistores (*nanoelectronics*) e catalisadores (*environmental catalysis*) serão incorporadas às diretrizes do INMT para maximizar os benefícios sinérgicos.

O INMT desenvolverá capacidade de pesquisa em nanomateriais e nanotecnologia em Hong Kong através:

- a) *establishing the Institute as a world-class nanomaterials and nanotechnology R & D center for technology development, technology transfer, industry partnership, and international collaboration;*
- b) *development core competence in critical areas of nanomaterials and nanotechnology that can lead to potentially new commercial products and processes and enhance foundation industries in Hong Kong and the region;*
- c) *enhance the nanotechnology human resources in Hong Kong scientists, engineers and entrepreneurs for the present and future demand of Hong Kong and the region;*
- d) *and acting as a regional and international hub for nanomaterials and nanotechnology R & D through multi-disciplinary and multi-institutional*

¹¹³ Hong Kong Launched Nanotech Centers. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 22, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/22.php

collaborative approach by providing lineage and cohesion to fundamental research, engineering processes and the industrial applications.

Sendo Hong Kong o segundo maior exportador de tecidos e roupas do mundo é fácil entender o interesse em centros de pesquisa nesta área, a fim de desenvolver novas tecnologias para o aumento na competitividade global. Tanto o governo de Hong Kong quanto as indústrias reconhecem que a nanotecnologia fornecerá ferramentas poderosas para o crescimento da economia. Neste sentido foi criado em junho de 2003 o *Nanotechnology Center for Functional and Intelligent Textiles and Apparel* (NTC) junto a *Polytechnic University* pelo ITF e algumas empresas também colaboraram, como a Artex Fashions Ltd (Asia), Bondex International Ltd (HK), Cha Textiles Ltd, Glorious Sun Holding Ltd, Link Dyeing Works Ltd, Sun Hing Elastic & Lace Fty. Ltd e Wah Tai Piece Goods Ltd.¹¹⁴

A missão do NTC é:

1. *provide research and development infrastructure for textiles and apparel related nanotechnology;*
2. *develop new nanotechnology and products for functional and intelligent textile materials and apparel;*
3. *facilitate technology transfer to and collaboration with the industry, and*
4. *provide training to postgraduate students and company technical personnel.*

O programa do NTC consiste de quatro subprojetos que são:

1. *Nano-structured surface polymerization system*
2. *System for precise manufacture of nano-particles*
3. *Patterned electrical textile and devices*
4. *Nano-structure photonic fibers and fabrics*

Os resultados até agora conseguidos pelo NTC são:

- a) *Optimized surface polymerization systems for UV-blocking, stain-, oil-, water-repellent, anti-bacteria finishing of cotton, polyamide and polybenzimidazole fabrics, and nano-pigment coloration system.*
- b) *Customer tailored synthesis for precise size and sensitivity control of nano-structures for functional finishing and photonic fibers.*
- c) *Optimized fabrication system for conductive textiles sensing devices for strain, temperature and relation humidity, and a prototype of electrical sensing apparel.*
- d) *Prototypes of photonic fibers that can regulate light intensity and color and a prototype of 2-colored display fabric made from such fibers.*¹¹⁵

Para os programas de pesquisa do NTC foram destinados USD\$ 1,9 milhões no período 2003-2006.

Coréia

"A Coréia é um país muito competitivo em áreas como *semiconductors* e *display technologies*, mas além de fortalecer uma forte R & D em nanotecnologias nessas áreas, também é necessário tornar o país competitivo em áreas de *materials* e *advancing basic technology development*."¹¹⁶

Dentro dessa diretriz, o governo sul-coreano aprovou recursos da ordem de USD\$ 1.3 bilhões para R & D em nanotecnologia dentro do *Ten-Year Plan for*

¹¹⁴ Nano Textiles in Hong Kong. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 29, 2004. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-29.php

¹¹⁵ Detalhes sobre as atividades e programas do NTC podem ser conseguidas pelo site www.nano-textiles.com

¹¹⁶ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

Promoting of Nanotechnology, de 2001-2010. Em 2002 houve um aumento de 400% nos gastos públicos em nanotecnologia comparado a 2000.¹¹⁷ O governo também anunciou o “2003 Action Plan for Nanotechnology Development” que inclui o “*Presidential Degree and Enforcing Regulation*” para implementação do “*Nanotechnology Development Promotion Act*”. O objetivo do Act é preparar uma sólida base de pesquisa para nanotecnologia e encorajar a sua industrialização, como sugere o seguinte resumo do Act:¹¹⁸

- a) *prepare and implement the Master Plan for NT development,*
- b) *make Technology Road Map for NT,*
- c) *select proper NTs that should be developed in Korea,*
- d) *plan ‘education and training of workforces for NT’,*
- e) *expand infrastructures for nanotech research, including nanofabs,*
- f) *designate several research institutes specialized in NT and have them serve as bases for NT research,*
- g) *construct a system for producing, circulating and managing NT technical information,*
- h) *establish the national standard for measurement regarding NT,*
- i) *establish ‘research complexes for NT development’,*
- j) *study the implication of NT in environmental, societal and ethical problems and apply the results to policy decision for NT development.*

Desse valor total, 66% vem do governo e os restantes 34% de empresas privadas. Os fundos destinados à nanotecnologia neste plano de dez anos são divididos em três fases como apresenta a Tabela 17.

Tabela 17. Plano de investimento de recursos de fundos (funding) em nanotecnologia no período 2001-2010.¹¹⁹

Phase	1 st (01-04)		2 nd (05-07)		3 rd (07-10)		Sum		
	Gov	Civil	Gov	Civil	Gov	Civil	Gov	Civil	Sum
R/D	203	44	232	137	232	206	667	387	1,054
ED/Training	31	-	18	-	19	-	68	-	68
Infrastructure	64	28	28	11	23	10	115	49	164
Total	298	72	278	148	274	216	850	436	1,286

Em 2004 o orçamento total do governo coreano para nanotecnologia chegou a USD\$ 250 milhões, o que é 15% superior ao orçamento de 2003, de USD\$ 219 milhões. Metade do aumento se deve ao aumento de *Nanotech Applications and Devices programs*. As metas para 2004 incluem:¹²⁰

1. *Enhancement of nanotech promotion system*
Road map on nanotech manpower, Activation KoNTRS
2. *Activation of technology-innovation type R/D*
Focusing the R/D fund on the nationally competitive nanotech

¹¹⁷ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, **2004**, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

¹¹⁸ Dr. Sang Hee Suh. Strategy and programs for nanotechnology development of Korea, no site <http://cnmt.kist.re.kr>

¹¹⁹ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

¹²⁰ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

Focusing the R/D fund on the application of nanotech to IT & BT

3. *Expansion and strengthening of nanotech infrastructure*

Expansion of Nano-net, Intensifying Nano Fab Center appl. Program

4. *Emphasis on effective international networking*

Role of KoNTRS on the int'l networking

A KoNTRS (*Korea Nanotechnology Researchers Society*) é uma associação de pesquisadores coreanos exclusivamente dedicados a pesquisa em nanotecnologia criada em 2003, que além de servir como plataforma de rede tem um papel muito importante em fazer recomendações sobre a política de ciência e tecnologia coreana.

Este volume de recursos, cerca de USD\$ 200 milhões por ano, é uma das metas da *Nanoscience and Technology National Initiative* para tornar a Coréia líder mundial em certas áreas competitivas e desenvolver nichos de mercado para o crescimento industrial. O programa coreano estabeleceu algumas "core technologies" como *Tera-level Integration of Electronic Devices*. O *Year 2002 Plan for Implementing Nanotechnology Development* foi lançado junto com outros dois *Frontier Research Programs*, *Development of Nanostructured Materials Technologies* e *Development of Nanoscale Mechatronics & Manufacturing Technologies*, sendo que cada um destes programas teve orçamento inicial de USD\$ 100 milhões por um período de 10 anos.

Um resumo destes programas é o seguinte:

1) R&D of nano-materials, devices and systems technologies for which highest industrial impact is expected ("Korea should be competitive within 10 years we have enough workforce at present").

2) 4 Frontier Research Centers for Nanotechnology

Center for Nanostructured Materials Technology

Center for Nanoscale Mechatronics & Manufacturing

Tera-level Nanodevice Program

Intelligent Microsystem Center

Os objetivos do *Frontier Research Program for Nanostructured Materials Technology* são:

Development of world-top-level nanostructured materials technologies for three main areas:

- High strength nanostructured materials

Nanostructured bulk materials

Nanostructured composite materials

Hard coating materials

- Environmental and energy storage materials

Catalysts for environment applications

Active materials for rechargeable batteries

- Optical materials for information technology

Nanostructured materials and devices for broad band optical communication

Nanostructured materials and devices for display applications

Outros programas de nanotecnologia desenvolvidos na Coréia são:

- NBIT Fusion Technology Programs

4 programs (2003)

- National Research Laboratories

20 Laboratories including Carbon Nanotube Research Laboratory, Ultrafine grained Structural Materials Laboratory and others

- Creative Research Initiatives

10 Centers including Center for Science in Nanometer Scale and others

- ERC/SRC

4 Centers including Quantum-Functional Semiconductor Research Center and others

As funções dos três ministérios envolvidos no desenvolvimento de nanotecnologia são:

Ministry of Science and Technology:

Coordinate national nanotechnology development

Support mid- and long-term R&D activities for Nano Science and Technologies

Support establishing infrastructures for NT

Nanofab centers

Ministry of Commerce, Industry, and Energy:

Establish infrastructure for helping industries develop and utilize NT

Support near- and mid-term R&D activities for NT with focus on commercialization

Ministry of Information and Communication:

Support R&D for IT related nanotechnologies

Há também uma forte preocupação com a formação de profissionais capazes de desenvolver nanotecnologias, sendo três as estratégias adotadas pelo governo coreano:

- *Short term strategy*

Training existing workforces for NT

Recruiting foreign workforces

- *Mid- and long- term strategy*

Establish NT departments in universities

- *Develop interdisciplinary education programs*

Recruit or reorient professors who would educate workforces for NT

Train core workforces involved in NT R&D

Além do Frontier Research Programs for Nanotechnology, a Coréia também lançou “Core”, “Basic” and “Fundamental” *Nanotechnology Research Programs* com orçamento total de USD\$ 20 milhões pelos próximos 6 a 9 anos (2007 a 2010),¹²¹ cujas metas são:¹²²

A) *For developing nanotechnologies in the areas in which, big impact on the national strategic industries is expected, technological basis should be expanded, long-term explorative research is needed, and creative experts in NT could be trained.*

B) *Period: 6-9 years*

C) *Budget*

Core NT program: ~2 M USD/y for each of 5 projects

Basic NT program: ~1 M USD/y for each of 9 projects

Fundamental NT program: 20 teams

Na área de infraestrutura o governo coreano criou o National Nanofab Center (NNFC) em 2002 e que deverá estar concluído em novembro de 2004, com o objetivo principal de fabricar nanodispositivos. O centro fica localizado no Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), que também o administra. Um total de

¹²¹ Nanotechnology Strategy in Korea. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 27, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/27.php

¹²² Dr. Sang Hee Suh. Strategy and programs for nanotechnology development of Korea, no site <http://cnmt.kist.re.kr>

USD\$ 165 milhões foram alocados pelo Ministry of Science and Technology (MOST) para este centro no período de 2002-2010. Os recursos do Centro são gerenciados pelo Korea Institute of Science and Technology Evaluation Policy (KISTEP).¹²³

O governo coreano também destinou um fundo de USD\$ 380 milhões (19% do total gasto em nanotecnologia) para a *National Nano Industrialization Program* que inclui fundos de R & D industriais e fundos de capital de risco.

O Korean Patent Office publicou um relatório em 2002 onde mostra que houve um grande aumento no número de pedidos de patentes em nanotecnologia nacionais em relação aos pedidos estrangeiros desde 1999, como apresenta a Figura 8.

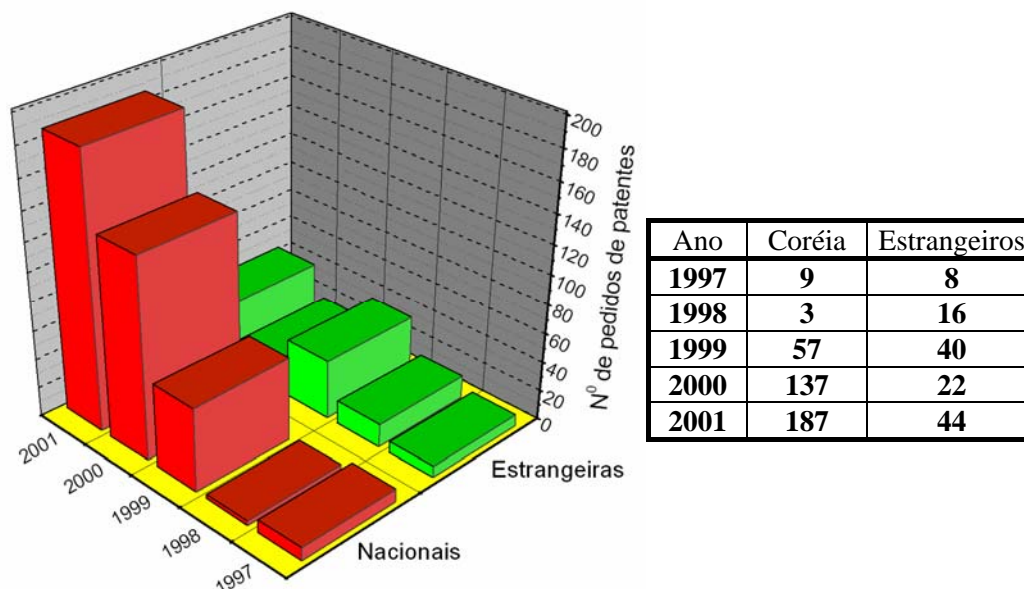


Figura 7. *Números de pedidos de patentes em nanotecnologia na Coréia entre 1999-2001.*

O número de empresas start-up de nanotecnologia criadas na Coréia aumentou substancialmente durante os últimos anos. O Ministry of Commerce, Industry and Energy (MOCIE) fez uma pesquisa para conhecer o status das companhias de risco no país e a Tabela 18 apresenta um resumo das principais companhias estabelecidas desde 2002.

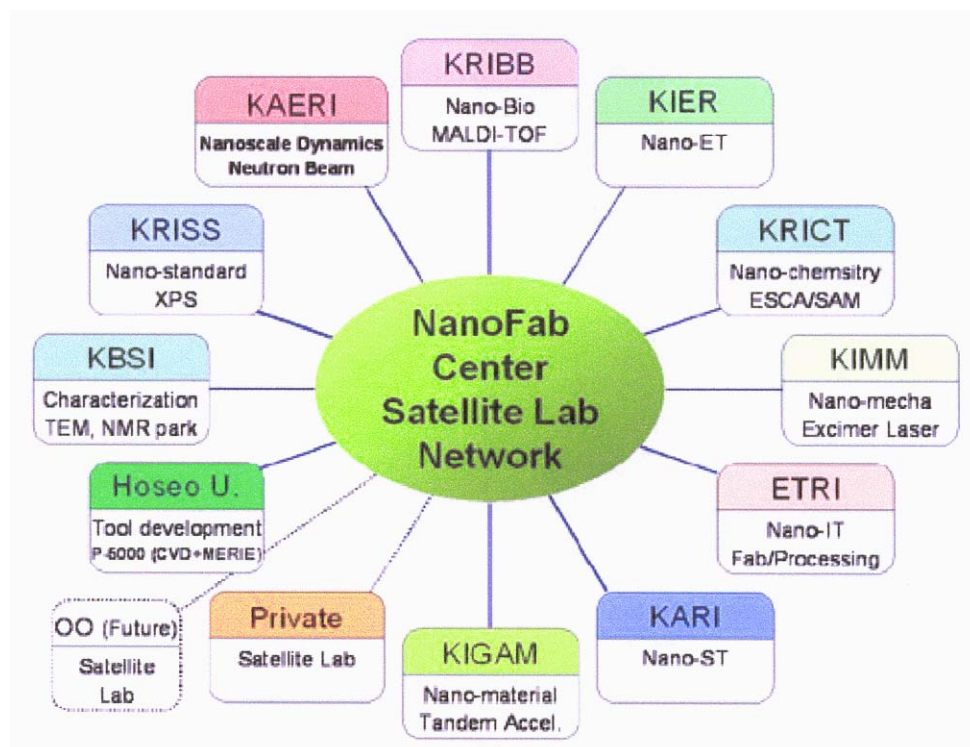
Tabela 18. *Empresas de Nanotech Venture coreanas.*

Name	Item
Nanonex	Nanopowder, nanoceramic powder
Nanonix	Nanopowder, nano magnet
Nanohybrid	Vitabrid series
Nanotech	Nanoparticles
Anapro.com	ITO, BaTiO ₂ , SrTiO ₃ nano powder and sol
Nano Enc	Colloidal silver
Nanopac	Photocatalysis
Nanotech Korea	Nanocomposite, ULD, PTCR
Dinjin Semichem	Photoresist, packaging material

¹²³ Korea National Nanotechnology Fabrication Center. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 14, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-14.php

Biosera	Microbial agents, agricultural materials
Sukyung	Nanopowder for display and electronic components
Egkholdings	Nanophotodetector
Iijin Nanotech	Materials for CNT (carbon nanotubes)
PSIA	Advanced Scanning Probe Microscopes

O centro também recebe suporte financeiro da cidade de Daejeon¹²⁴ e de indústrias locais. Além das novas facilidades, o centro compartilha facilidades e equipamentos com outros laboratórios em toda a Coreia, chamados de laboratórios satélites, apresentados na Figura 9.



Legenda: ETRI- Electronics and Telecommunications Research Institute; Hoseo U- Hoseo University; KAERI- Korea Atomic Energy Research Institute; KARI- Korea Aerospace Research Institute; KBSI- Korea Basic Science Institute; KIER- Korea Institute of Energy Research; KIGAM- Korea Institute of Geoscience And Mineral Resources; KIMM- Korea Institute of Machinery and Materials; KRIBB- Korea Research Institute of Bioscience & Biotechnology; KRICT- Korea Research Institute of Chemical Technology; KRISS- Korea Research Institute of Standards and Science

Figura 8. Laboratórios satélites do NanoFab que ficam dentro de um raio de 200 Km.

O gasto total do NNFC é de aproximadamente USD\$ 290 milhões incluindo investimentos em equipamentos, construção da *Fab*, operação e manutenção com a propriedade (land), equipamentos para os laboratórios satélites e outros gastos.

Os principais equipamentos do centro são:

- 1) Litography (E-beam, i-Line Stepper, Mask Aligner, Nano-imprint, Microscope etc.)
- 2) Etching (Oxide, Poly Etcher, Metal Etcher, PR Stripper, Deep Si Etcher etc)
- 3) Difusion (LPCVD, RTP, Wet Station, Part Cleaner, Furnace etc)
- 4) Thin Film (Sputter, ALD, Ion Implanter, CMP etc)

¹²⁴ Cidade ao centro da Coreia do Sul e com perfil científico semelhante ao de Tsukuba, no Japão.

- 5) *Biochemical & New Materials (Bond Aligner, Chip Aligner, Laser Micro Machine, Fusion Bonder, Femto Second Laser, Nano Cluster Generator, Chemical Vapor Condensation, Nano Indentor XP etc)*
- 6) *Metrology (FE-TEM, FE-SEM, FIB, AFM etc)*

O conceito do NNFC é produzir “*One Stop Service from Idea Generation to Manufacturing Engineering Samples*” e estabelecer colaborações com os laboratórios satélites para otimizar a utilização das facilidades.

As áreas de pesquisa e serviços (*foundry service*) incluem *nanomaterials*, *nanobio*, *nanodevices*, *NEMS*, *fundamental physics* e *metrology*.

Há registros de desenvolvimentos autônomos por empresas. Por exemplo, a LG Household and Health Care Ltd se dedica à pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia para limpeza, beleza e cuidados com a saúde. Os produtos produzidos pela LG utilizam *Nano Carbon Ball materials*¹²⁵ que têm estrutura core-shell e são utilizados em produtos para desodorização e melhoramento da qualidade do ar. Além de sua alta capacidade de desodorização, as *nano carbon balls* apresentam excelente capacidade de purificação da água.

Austrália

O *Australia Research Council (ARC)*¹²⁶ é a principal agência financiadora para ciência e tecnologia no país. Focada em ciência fundamental, recebeu recursos adicionais de USD\$ 537 milhões para um período de cinco anos, para duplicação dos fundos de concessão competitivos da ARC. Sob o *National Competitive Grants Program* quatro áreas de prioridade foram estabelecidas para o ARC 2003:¹²⁷ *Nano-materials and Bio-materials*; *The GenomPhenome Research*; *Photon Science and Technology*; *Complex/Intelligent Systems*

Para este programa especificamente foram alocados USD\$349,2 milhões para o período 2004/2005. Mais de 50% deste total é para financiar pesquisa de excelência (research excellence), 30% para pesquisa em colaboração (collaborative research) e infraestrutura e os 20% restantes para centros de excelência nacionais selecionados.¹²⁸ Em 2002 o ARC lançou o programa de fundos para nanociência com um total de USD\$38.57 milhões para o período 2002-2007, sendo que a Tabela 19 apresenta a distribuição destes recursos durante o período, especificamente para nanotecnologia.

Tabela 19. Distribuição de recursos do programa de nanociência entre os vários segmentos, no período 2002-2007.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Projects</i>	\$ 1,78 M	\$ 7,65 M	\$ 7,11 M	\$ 5,52 M	\$ 1,85 M	\$ 0,52 M
<i>Infrastructure & Equipment</i>	\$ 1,39 M	\$ 2,46 M	-	-	-	-
<i>Federation Fellowships & CSIRO postdocs</i>	\$ 1,64 M	\$ 1,68 M	\$ 1,68 M	\$ 1,68 M	\$ 1,64 M	\$ 1,64 M
<i>International Exchanges/Collaborations</i>	\$ 0,11 M	\$ 0,11M	\$ 0,09 M	\$ 0,02M	-	-
Total	\$ 4,92 M	\$ 11,9 M	\$ 8,88 M	\$ 7,22 M	\$ 3,49 M	\$ 2,16 M

¹²⁵ Improving Quality of Life with Nanotechnology. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 31, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-31.php

¹²⁶ Fonte: http://www.arc.gov.au/arc_home/default.htm

¹²⁷ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

¹²⁸ Australian Nanotechnology Funding and Strategy. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-33.php

Há ainda investimentos regionais como por exemplo, o realizado pelo estado de Victoria (sudeste australiano) que investiu USD\$8,73 M no biênio 2002/2003, no *Nanotechnology Victoria*. Outro exemplo é o de Queensland que investiu USD\$ 14,55 milhões no *Institute of Bioengineering and Nanotechnology*, localizado em Brisbane.

O CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research*)¹²⁹ tem aproximadamente 12 unidades de pesquisa em R&D diretamente ligadas à nanotecnologia. Seu gasto anual está entre USD\$ 10,9 e USD\$ 14,6 milhões em contratos de R&D em nanotecnologia. As áreas mais fortes de pesquisa são: *Materials Nanotechnology* e *Biological Nanotechnology* (especialmente em diagnósticos), dando ênfase a *biomimetics* e *interfaces*. A partir de 2004, os principais focos do CSIRO estarão na área tecnológica em *Environmentally Significant Separations (Desalination, H₂O/Ethanol, O₂ and CO₂/air)* e *Ambient Sensing (Intelligent and Adaptive Buildings/Textiles/Appliances Packaging)*. Todo o investimento feito pelo CSIRO em nanotecnologia já começa a dar resultados, já que oito patentes se tornaram produtos comercializáveis.

Cerca de USD\$124 milhões foram alocados em 2003 para financiar projetos e centros por um período de até cinco anos. Para o programa *ARC Center of Excellence (COE)*, que foi iniciado em 2003, foram destinados USD\$ 65,7 milhões durante cinco anos para 8 centros localizados em diferentes pontos do país. A nanotecnologia dos COE inclui:

- a) *Quantum Computer Technology*
- b) *Quantum-Atom Optics*
- c) *Advanced Silicon Photovoltaics and Photonics*
- d) *Ultrahigh-bandwidth Devices for Optical Systems*

Foram ainda comprometidos mais de USD\$32,8 milhões em investimentos por parte dos governos estaduais, empresas de capital de risco e outros investidores. Em 2001 o governo australiano lançou o *Backing Australia's Ability*, um programa de longo prazo, com uma dotação orçamentária de USD\$ 2,18 bilhões, para financiamento de pesquisa multidisciplinar e desenvolvimento de infraestrutura. Os focos desse programa são:¹³⁰

1. *a staged approach to nanotechnology development, with a well-developed R&D strategy focusing on short and long-term commercial outcomes;*
2. *fostering creativity and innovation through national research priority setting and substantial research funding schemes;*
3. *pro-active cross-discipline nanotechnology network development with collaborative research programs.*

As principais áreas de interesse nanotecnológico da indústria australiana são as seguintes:

- *New Materials/Particles, such as high-performance composites, polymers, self assembling molecules and membranes. These have specialized applications such as in automotive components, aerospace, medical implants and instruments;*
- *Medical and Pharmaceutical Devices and Processes, including diagnostic tests and devices, drug delivery, cancer treatment, and neurological disorder treatments;*
- *Manufactured Environmental and Agricultural Products, such as filters, sensors and indicators; and*

¹²⁹ Fonte: <http://www.csiro.au/>

¹³⁰ Nanotechnology Australia. Capability & Commercial Potential. Australian Government/Invest Australia. 2004. No site <http://www.nanotechnology.gov.au/index.cfm>

- *Nano-based Energy Products such as miniature energy sources and batteries.*

Destes, a área de materiais e partículas é um dos focos mais fortes de pesquisa e aplicação de produtos. Aproximadamente 70 grupos de pesquisa trabalham em nanotecnologia na Austrália e a grande maioria nessa área, seguido de *nano-biotechnology* e *environmental applications*. Outros nichos significativos são *nanoelectronics & photonics* e *quantum computing*.

Um exemplo interessante é o das Nanosunscreens, nanopartículas de óxido de zinco, que tem grande capacidade de absorver raios ultravioletas e se tornaram muito populares na Austrália em 2001 chegando a representar 60% do mercado de bloqueadores solares na Austrália.¹³¹

Cingapura

A principal agência financiadora para *Nanoscience and Technology* em Cingapura é a *Agency for Science, Technology & Research (A*STAR)*. A *A*STAR Nanotechnology Initiative* começou em 2001, tendo como principais metas caracterizar a pesquisa em nanotecnologia como um esforço contínuo para formar capacidades cumulativas e a promoção de inovações nas áreas importantes para as indústrias de Cingapura.¹³²

A*STAR desenvolve programas de pesquisa em nanotecnologia nas seguintes instituições:

- ❑ *Institute of Materials Research and Engineering (IMRE) –Photonics, Advanced Materials*
- ❑ *Institute of Microelectronics (IME) and Data Storage Institute (DSI)- Semiconductor, Electronics, Storage*
- ❑ *Institute of Bioengineering and Nanotechnology (IBN) – Bionanotechnology*

Os esforços destes programas estão direcionados ao desenvolvimento tecnológico de indústrias-chaves para Cingapura como as indústrias de eletrônica, química e biomédica.

O *Singapore Economic Development Board (EDB)* é outra agência financiadora de suporte à R&D em aplicações industriais, particularmente *funding nanotech start-ups and international joint ventures*. O EDB está tomando a iniciativa de estabelecer o *Nanotechnology Industry Application Center* onde as start-ups podem co-desenvolver aplicações com líderes de mercado em Cingapura. O EDB é ativo em promover as vantagens do país como um atrativo centro para negócios e investimentos e age como o principal facilitador de parcerias globais e para o crescimento da comercialização e mercado global de nanotecnologia.

A Figura 10 apresenta um gráfico da evolução dos fundos destinados a projetos de nanotecnologia e o número de publicações no período 1996-2006.

¹³¹ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

¹³² Nanotechnology in Singapore. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 26, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/26.php

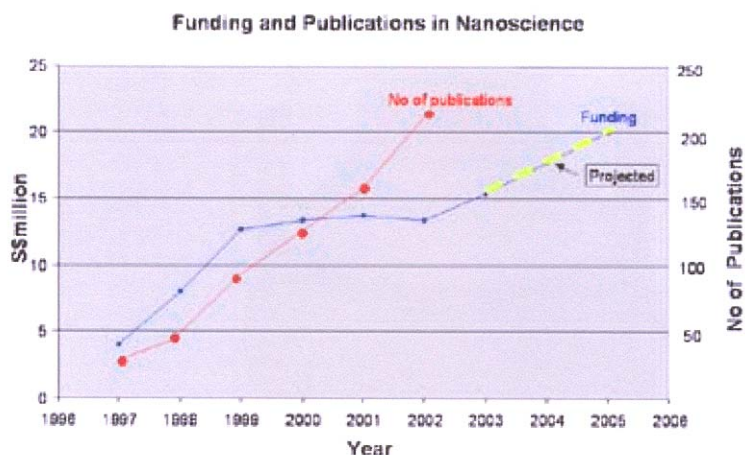


Figura 9. Perfil da evolução do número de publicações e dos fundos destinados a nanotecnologia em Cingapura. (S\$ 1,000= USD\$ 0,5887)¹³³

De acordo com a figura acima foram investidos em 2002 cerca de USD\$ 8,24 milhões em projetos de nanotecnologia e há uma tendência de crescimento no volume de recursos, devendo alcançar em 2004 quase USD\$ 10 milhões. No período 2003-2007 os investimentos deverão ser da ordem de USD\$ 100 milhões, de acordo com a Figura 5.

As instituições de pesquisa que têm atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia em Cingapura estão resumidas na Tabela 20.

Tabela 20. Instituições de Pesquisa em Nanotecnologia em Cingapura.

Name	Funding	R & D strength	Partnerships	Applications
The Advanced Materials Research Center (AMRC), NTU	USD\$12,4 M	Processing of Artificial bone using RF suspension plasma spraying: Spark Plasma Sintering system capable of densifying Nanomaterial compounds at faster speeds and lower temperature than conventional methods	Industrial Manufacturing Institute (CA), National Research Council (CA), Ecole Nationale Supérieure Des Mines de Paris (FR), Montpellier Univ. (FR), Fraunhofer Institute for Advanced Metallics and Composites (DE), Cambridge Univ. Imperial College (UK)	Nanocomposites, Nanocoatings, Nanostructured Magnetic Materials, Nanomaterials Synthesis and Characterization Techniques, Fuel Cells Bioglass, Carbon and other advanced Ceramics/composites
National Univ. of Singapore Nanoscience and Nanotechnology Initiative (NUSNNI)	NA	Bio-nanotech, Nanoelectronics, Nanophotonics, Nanomagnetism, Molecular self-assembly and devices, Nanostructures & Nanomaterials	Local: Faculty of Medicine (NUS), National Univ. Hospital, Johns Hopkins Singapore, Inst. Of Materials Research and Engineering. Institute of High Performance Computing, Data Storage Inst., Institute of Microelectronics, Agilent Technologies, Chartered Semiconductor Manufacturing Overseas: Univ. of Queensland, Hong Kong UST Hitachi MIT, Univ. of Illinois Johns Hopkins Univ. Georgia Inst. Of	Biotechnology Medicine Information & Communication Technology Engineering Science

¹³³ Fonte: <http://www.financeone.com.br/conversores.php>

			Technology, Univ. of Texas, Drexel Univ., UC Berkeley, UC Santa Barbara, IBM	
The Precision Engineering and Nanotechnology Center (PEN), NTU	Since 1997, the order of USD\$8,83 M awarded from A*STAR and NTU	Micro-replication, Ultra-precision Machining, Femto-second laser, Micromachining, Nanometrology Focused Ion Beam Machining Highlights: Nanoparticles and Nanodefects detection system for unpolished silicon wafers; Next-generation “breathable” contact lenses	Sony, Infineon Technology, Hewlett Packard, HongGuan Technologies, AIST (JP)	Nanoscale Precision Machining, Nanometrology, Nanodefects Detection
The Ngee Ann Polytechnic	A*STAR	Nanomaterials production for use as active pharmaceutical ingredients	NanoMaterials Technology Pte Ltd	Nano-sized crystals of Ibuprofen
The Institute of Materials Research and Engineering (IMRE)	A*STAR	Micro/Nano systems, Molecular Materials, Opto Electronic Systems, Science and Characterization Lab	-	Nanocomposites, Nanopatterning, Nanostructure Characterization
The Institute of Microelectronics (IME)	A*STAR	IC and Systems; Semiconductor Process Technologies; Microsystems, Modules and Components	Georgia Institute of Technology, USA; NUS, Singapore	Memory Devices, Transistors, Nanochip Packaging, Photonics Devices, Front-end Power Devices BioMEMS, High Density Interconnects
The Data Storage Institute (DSI)	A*STAR	Nano Spinelectronics, Nanomemory like MRAM, CRAM, Nanoprobes, Nanostructured Materials like Carbon Nanowalls and tubes, Laser Nanopatterning, Nanofabrication, Process for Media, Sliders, HGAs, Nanoparticles and Self-assembly Technique	-	Carbon Nanowalls, Nanosensors and Probe-based magnetic recording, Nanofabrication of magnetic media, Laser assisted nanofabrication
The Institute of Bioengineering and Nanotechnology (IBN)	A*STAR	Delivery of Drugs, Protein and Genes, Tissue Engineering, Organ Replacement and Assist Devices, Medical Devices. Biological and Biomedical Imaging, Nano-biotechnology	Genomics Inst. Of Singapore, Health Sciences Authority, IME, IMRE, NTU, NUS, National Cancer Center, National Univ. Hospital, Lawrence Livermore National Lab, SurroMed, Nanoplex Technologies	Encoded Nanoparticles (Nano-barcodes) for biomarker discovery, Nanostructured Materials, Electrodeposition, Microfluidics, Nanoparticle tags, Nanoparticle Functionalization
The Institute of High Performance Computing (IHPC)	A*STAR	Computational Chemistry, Computational Electromagnetics and Electronics, Computational Fluid Dynamics, Computational MEMS, High-end Computing	-	Modelling and Characterization of Molecular Electronic Nanostructures, Theoretical Study of Boron, Carbon and Nitrogen Ternary Nanoclusters and Nanotubes, Growth Modelling of low-Dimensional Quantum Structures
The Singapore Institute of Manufacturing	A*STAR	Forming Technology, Joining Technology, Machining Technology, Manufacturing	IHPC, NTU	Nanostructured Components Direct manufacturing.

Technology (SIMTech)		Execution Technologies, Mechatronics, Precision Measurements, Production and Logistics Planning, Product Design and Development Technology		Nanostructured Materials
-------------------------	--	---	--	-----------------------------

Dentro do NUSNII (*National University of Singapore Nanoscience & Nanotechnology Initiative*¹³⁴), a NUS destinou aproximadamente US\$1,7 milhões em bolsas de estudo para formação de mestres em áreas relacionadas à nanotecnologia. A NUS possui seis patentes em nanotecnologia.¹³⁵

Os objetivos do NUSNNI são:

- *To develop research human capital and long-term research capabilities in the strategic field of nanoscience and nanotechnology.*
- *To galvanize and coordinate multidisciplinary research effort (across departments, faculties and with the RIs) in nanoscience and nanotechnology.*
- *To help set research priorities and directions for high impact nanoscience and nanotechnology research.*

Os programas em nanotecnologia em andamento no NUSNNI são:¹³⁶

Academic Research Funds

- *Biological Lab-on-a-chip for Monitoring Waterborne Pathogens*
- *Cell Nuclear Targeting Intracellular Delivery of Quantum Dot Based Nanoconjugates*
- *Construction of Low-Temperature STM for Fundamental Investigations of Nanostructures*
- *Development of a Novel Type of Magnetic Force Microscopy Tips for Nanometer Scale Magnetic Imaging and Probe Storage Applications*
- *Development of Carbon-Based Nano-Sensor for Bio-Molecular Detection*
- *Investigation of Self-Assembled InAs Quantum Dot Arrays and Molecules Grown by Molecular Beam Epitaxy*
- *Modeling and Characterization of Nanoscale Materials*
- *Molecular Assembly of Embedded Nanoparticles*
- *Molecular Understanding of Cell-Synthetic Nanofiber Extracellular Matrix (ECM) Interactions*
- *Nanoporous Ultra-Low-k Polyimide and Fluorinated Polyimide Films for Sub-micron and Nano-Level Electronics*
- *Organized Molecular Assembly of Polymeric Materials*
- *Processing and Characterization of Nanometer Scale Fibers*

¹³⁴ NUS, in tradition of spearheading cutting-edge research programs, has launched the NUS Nanoscience and Nanotechnology Initiative (NUSNNI) to promote this area of research. The aim of NUSNNI is to initiate and coordinate long-term nanoscience and engineering research. Our objective is to achieve fundamental discoveries of novel phenomena, processes and tools. To do this, we tie-up collaborative efforts between various disciplines within the university faculties and interested research partners.

We provide the necessary support to facilitate efforts by faculties, researchers and students interested in pursuing this area of research. In the light of the University's commitment to nanoscience and nanotechnology research, NUSNNI's role to its development and promotion is to optimize resources and focus on multidisciplinary strategic programmes. No site <http://www.nusnni.nus.edu.sg>

¹³⁵ Singapore Launch Nanoscience and Nanotechnology Initiative. Azonano.com, 9/7/2004, no site <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=215>

¹³⁶ Fonte: <http://www.nusnni.nus.edu.sg/researchProjects.htm>

- *Reduction of Copper Diffusion in Nanoporous Ultra-low-K Dielectrics via Interfacial Molecular Engineering*
 - *Selectively Functionalized Nanowires for assembly Study*
 - *Tribological Studies of Nano-Lubricants*
- Strategic Research Programme, SERC (A*STAR)

- *Electrospun Polymer Nanofibres: Processing, Characterization, and Applications*
- *Growth, Interconnection & Characterization of Novel Nanostructures*
- *Size-controlled Synthesis of Surface-supported Nanoclusters from Organometallic Precursors*
- *Self-Assembly Approaches to 3D Photonic Crystal Heterostructures*
- *Development of Flash Memory Devices Using Quantum Dots Embedded in High-k Dielectrics*

Thematic Strategic Research Programme, (Nanomanufacturing:- Nanoelectronics - The Next Wave, SERC (A*STAR))

- *Multiscale Modelling of Polymeric Interfaces*

As companhias envolvidas em *Nanotechnology R & D* e *business* em Cingapura estão listadas na Tabela 21.

Tabela 21. Companhias envolvidas em R&D em nanotecnologia, em Cingapura.

Name	Funding Source	Expert Areas	Partnership	Application & Products
NanoMaterials Technology	EDB and Juniper Capital Venture USD\$ 683.000	High Gravity Reactive Precipitation platform technology produce superior crystalline nanomaterials at a significant lower costs	Beijing Univ. of Chemical technology & has build manufacturing plants in Shanxi, China	Plastics, paints & coatings, ink, pulp & paper, rubber, adhesives and sealants; oral and inhalation drugs; multiplayer ceramic capacitors
NanoScience Innovation	SEEDS ¹³⁷ administered by EDB	Gas-phase nanopowder production route using hybrid plasma sources & Platform technologies capable of industrial-scale production of high quality nanopowders	NA	NA
NanoFilm	NA	Patented Filtered Cathodic Vacuum Arc Technology utilizing a coating species of pure iorns with tunable energy to produce ultra-thin, diamond hard, low-cost and high-quality coatings.	NA	Ta-C films (higher grade of DLC), Oxide films (Al ₂ O ₃ , TiO ₂), Metal films (Cu, Al, Ti), FCVA sources, complete vacuum coating systems, customer specific in-house coating services, vacuum systems design, installation

¹³⁷ SEEDS- Startup EnterprisE Development Scheme (SEEDS), no site http://www.sedb.com/edbcorp/sg/en_uk/index/startups/startupfinance/startup_enterprise.html

				for sputtering equipment using ion-beam, magnetron CVA and FCVA technologies
PSiOncology	Joint venture formed by the Singapore General Hospital, Biotech Research Ventures (SG) and pSiMedica Ltd (UK)	Proprietary nanostructured Porous silicon known as BioSilicon™-active Agents carriers for direct intra-tumoural delivery	Singapore General Hospital, National Cancer Center of Singapore	Controlled Drug Delivery Orthopaedics Implant Packaging Tissue Engineering Neural Interfacing Biofiltration Gene/Vaccine Delivery Diagnostics
AMR Technologies	Signed 3 agreements with A*STAR, EDB, NTU worth USD\$ 1,18 M	Produce, process and develop rare earth and zirconium based engineered materials Sol-gel processing	School of Materials Engineering at NTU, a joint Research project funded by the A*STAR and Training and Attachment Program with EDB, AMR Nanotechnology Center in Oxford	Thermal barrier coatings Solid oxide fuel cells Structural ceramics Cell Phones display screens Computers Sensors Catalysts

Foram recuperadas 7 patentes depositadas em nanotecnologia e cinco destas (palavras-chaves: *nanotubes* e *nanofibers*) são de universidades de Cingapura. Entretanto, no site do EPO foram recuperadas 14 patentes depositadas em Cingapura com a palavra-chave “nano*”, sendo que destas 11 são de empresas estrangeiras e apenas 1 é de instituição nacional, conforme apresenta a Tabela 22.

Tabela 22. Depositantes de patentes em nanotecnologia em Cingapura.

Depositante	Nº total de patentes (Cingapura e exterior)	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas em Cingapura	Palavras-chaves
IBM (US)	100.000	177	3	Nanoparticle (s)
Ciba SC Holding AG (DE)	7.796	12	2	Nanodispersion (s)
Nanosystems (US)	71	38	2	Nanoparticles
Vesifact ¹³⁸ AG (DE)	25	13	2	Nanodispersion (s)
Dow Corning (US)	21.729	33	1	Nanoporous
Microcoating Technologies (US)	42	5	1	Nanolaminated
Exxon Chemical Patents (US)	9.644	11	1	Nanometer-sized
UCB (BE)	2.399	6	1	Nanocapsules
Minnesota Mining & MFG (US)	56.374	46	1	Nanostructured
Mitre (US)	83	2	1	Fullerenes
Univ. Singapore (SG)	655	7	1	Fullerene

¹³⁸ As duas patentes da Vesifact são em conjunto com a CIBA SC Holding.

Taiwan

Os programas nacionais de MEMS de Taiwan começaram em 1996, criados pelo NSC (*National Science Council*) e o *Ministry of Economic Affairs* (MOEA). A partir de 1998, o NSC estabeleceu 3 principais centros nacionais de MEMS que contam com facilidades de R&D e *core technologies*. A partir de 2003, o programa de governo do MEMS foi incluído no *National Science and Technology Program on Nanotechnology*. As aplicações dos MEMS se concentram em *Information Technology, Industrial Processes/Devices, Communication, Consumer Electronics, Semiconductors* e *Biomedical Technology*.¹³⁹

Os MEMS de Taiwan já chegaram à produção comercial. O *Taiwan MEMS foundry business* começou em 2000 e há atualmente 9 *foundries* em Taiwan. O investimento total para *MEMS foundries* é de aproximadamente USD\$ 211 milhões. Os investimentos acumulados em negócios da MEMS são de USD\$ 500 milhões. A Asia Pacific Microsystems Inc (APM) é a principal *MEMS foundry* de Taiwan: fundada em 2001, com mais de 200 empregados, produz soluções para microsistemas. Começou com USD\$ 50 milhões de capital, e usa tecnologia da fabricação e serviços de MEMS em aplicações para *Inkjet, Smart Transducer, Wireless, Optical*, e *Bio-MEMS*. A APM adquiriu uma *5-inch wafer foundry* para fabricação de chips CMOS da Winbond Electronics Corp., e a transformou em um avançado *6-inch CMOS* compatível com MEMS. Atualmente a APM fabrica 8000 wafers por mês. Os maiores acionistas da APM são Chi Mei Industrial Co., Mobiletron Electronics Co., Universal Microelectronics Co., Wintek Corp, uma afiliada do Grupo Acer, e 30% do investimento é de capital de risco.¹⁴⁰

Taiwan caiu da terceira posição para a quarta no mercado de alta tecnologia em 2001, quando o governo decidiu investir USD\$ 600 milhões em nanotecnologia e USD\$ 1,6 bilhões em biotecnologia. Cerca de 60 % dos fundos são reservados para o Industrial Technology Research Institute (ITRI) no desenvolvimento de programas de nanotecnologia *for fundamental research in raw materials, electronics, machinery and biomedicine* e principalmente para fazer a rápida transferência da tecnologia para o setor industrial. Há um forte interesse em desenvolver polímeros condutores de eletricidade que possam ser utilizados no lugar de resistores e capacitores.¹⁴¹ Outros recursos foram destinados à Academia Sinica e universidades como a *National Taiwan University* em Taipei e a *National Tsinghua University in Hsinchu*.¹⁴²

O investimento nos programas de nanotecnologia começaram em 2003 quando o Taiwan National Science Council (NSC) criou o *National Applied Research Laboratories* (NARL) que se reuniu aos seis laboratórios de pesquisa nacionais: o *National Nano Device Laboratories* (NDL), *National Center for High-performance Computing* (NCHC), *National Chip Implementation Center* (CIC), *National Space Program Office* (NSPO), *National Laboratory of Animal Center* (NLAC), *National Center for Research on Earthquake Engineering* (NCREE). O NARL é uma organização sem fins lucrativos com administração independente e seus recursos provêm do NSC, sendo que seu orçamento total em 2003 foi de aproximadamente

¹³⁹ Taiwan is MEMS Leading Foundry Business. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 15, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/15.php

¹⁴⁰ Detalhes sobre a empresa APM podem ser conseguidas no site www.apmsinc.com

¹⁴¹ Latest on Nanotechnology in Asia. Insitute of Nanotechnology, 2002, no site www.nano.org.uk/thisweek41.htm

¹⁴² Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

USD\$ 143 milhões. Para nanotecnologia foram destinados 20% deste valor, ou cerca de USD\$ 28,6 milhões divididos entre o NDL, o CIC e o NCHC.¹⁴³

O NARL foi criado com o objetivo de construir uma organização nacional que coordene melhor os trabalhos, com maior eficiência e uma administração flexível cobrindo áreas top como *nanotechnology, space science and industry, life sciences, computational sciences, IC design and seismic resistant technologies*.

O *National Nano Device Laboratories* (NDL) foi criado em 1988 e tem como uma função principal apoiar a indústria de semicondutores de Taiwan particularmente em Cincho (o *Silicon Valley* de Taiwan). O NDL também oferece facilidades para as universidades em pesquisa em nanodispositivos e facilita a colaboração entre a indústria no desenvolvimento da nanodispositivos avançados. Com suas facilidades avançadas em nanolitografia, o NDL é um dos maiores laboratórios do mundo em R&D de semicondutores e nanoeletrônicos.

O National Science Council planeja gastar USD\$23,2 bilhões em nanociência e nanotecnologia entre 2003 e 2008.

O orçamento do *National Science and Technology Program for Nanoscience and Nanotechnology*, programa aprovado em 2002, para o período de 2003-2008 está apresentado na Tabela 23.¹⁴⁴

Tabela 23. Orçamento NSTP / NST (2003-2008)

Unit: Million USD							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
MOEA/Department of Industrial Technology	54.6	66.9	74.3	77.5	83.2	89.1	445.6
MOEA/Industrial Development Bureau	0.6	0.7	2.1	2.9	3.5	4.2	14.0
MOEA/Energy Commission	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6.9
MOEA/Bureau of Standards, Metrology and Inspection	0.9	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	8.3
National Science Council	18.0	20.0	20.9	22.4	22.4	24.1	127.8
Ministry of Education	0.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	8.1
Atomic Energy Council	0.6	1.2	1.8	1.8	1.8	1.9	9.1
Environmental Protection Administration	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.2
Department of Health	-	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	9.8
Managing office operation cost	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.0
Total	76.9	94.7	105.4	111.4	118.2	127.2	633.8

As metas do programa nacional de nanotecnologia de Taiwan são:

1. *Through the establishment of common core facilities and education programs to achieve academic excellence, and promote industrial applications.*
2. *Based on the national competitive technologies to bring up the academic excellence, and then create innovative industrial applications.*
3. *Establish international competitive nanotechnology platforms.*

¹⁴³ Taiwan Established National Applied Research Laboratories. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol.1, nº 30, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/30.php

¹⁴⁴ Fonte: Site <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/>

4. *Enhance advanced innovative research to speed up the commercialization of nanotechnology.*

Como se observa na Tabela, cerca de 75% do orçamento total provem de recursos do MOEA (*Ministry of Economic Affairs*), com uma forte ênfase em *Industrialization Nanotechnology Program* (com 65,5% de dotação orçamentária ou USD\$ 412,8 milhões), cujas metas para promover a indústria taiwanesa são:¹⁴⁵

1. *for basic (traditional) industry-create new products in materials, chemicals, machinery, energy storage and others;*
2. *for information technology-help information technology industries overcome barriers and difficulties;*
3. *for bio-medical industry-together with the genomic-medicine program to create new bio-tech industry.*

O *Industrialization Nanotechnology Program* a ser implementado tem as seguintes áreas de interesse:

- *Nanomaterials and processing techniques*
- *Nanoelectronic technology*
- *Nanomaterials and nanodevices for display technology*
- *Nano optical communication technology*
- *Nano packaging technology*
- *Data storage technology*
- *Nano technology for energy applications*
- *Nanomaterials application for traditional industries*
- *Nano biotechnology*

O sub-programa *Academic Excellence Program* (com 13,8% do orçamento total de nanotecnologia), financiado pelo *National Science Council* (NSC) que contribui com 20,1% do orçamento total do programa tem os seguintes objetivos:

- *Basic research on the physical, chemical and biological properties of nanostructures*
- *Synthesis, assembly and processing of nanomaterials*
- *Research and development of probes and manipulation techniques*
- *Design and fabrication of interconnects, interfaces and system of functional nanodevices*
- *Development of MEMS/NEMS technology*
- *Nano-biotechnology*

Em 2003, vinte e um projetos de pesquisa acadêmicos receberam *grants* de cerca de USD\$ 1,5 milhões para cada um, por um período de 3 anos.

Um total de USD\$ 119,4 milhões (19% do orçamento total) foi alocado para a criação do *Core Facilities Program*, cujas metas são:

- *Set up Common Laboratories*
 - *Characterization/processing laboratory*
 - *Nanomaterials simulation laboratory*
- *Nanomaterials synthesis/production laboratory*
- *Set up Electronic-networking system*
- *Sponsor programs for innovative news tools design/manufacture*

¹⁴⁵ Taiwan National Nanotechnology Initiative and Infrastructure Summary. Asia Pacific Nanotech Weekly. 2004. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

Os centros de *core facility* estão espalhados por toda Taiwan e a Tabela 24 apresenta um resumo destes centros com os principais instrumentos neles encontrados.

Tabela 24. Principais *Core Facilities* em Taiwan e os instrumentos neles encontrados.¹⁴⁶

<i>Location</i>	<i>Name of facility</i>	<i>Instruments</i>
<i>Center for Nanoscience and Technology at the National Taiwan Univ.</i>	<i>Center for Microscopy and Nano-analysis</i>	<i>FESEM, FESEM attachment-EBIC, STEM, TEM, STEM+EDS, STEM+EELS, STEM+monochromator, Ion Miller, Cryo stage, Heating, cooling and low-T holder, AFM.</i>
<i>Academia Sinica</i>	<i>Development of state-of-the-art Research tools for nano-science and technology</i>	<i>Dual beam focused ion beam sys., E-beam writer, Inductively coupled plasma etcher, Advanced in-situ characterizing nanofabrication system</i>
<i>Industrial Technology Research Institute (ITRI)</i>	<i>ITRI Nanotechnology Research Center (NTRC) Common Laboratories</i>	<i>Details can be found at http://www.ntrc.itri.org.tw/eng/index.jsp</i>
<i>Hsin-Chu Area – national Chiao Tung University (NCTU)</i>	<i>Core Facility for Nano Fabrication and Nano Characterization</i>	<i>Low Temperature/High Magnetic Field System, High-resolution transmission electron microscope, Veeco Gen II (MBE), ICP-RIE System of III-V Compound Device Production, X-Ray Diffractometer, Sb based molecular beam epitaxy</i>
<i>Central Taiwan - National Chung Cheng University (CCU)</i>	<i>Infrastructure Project of Nanoscience and Technology Center in Central Taiwan</i>	<i>TEM (EDX), ICP reactive ion ether, High Pressure Stainless Reactor, MOCVD, Nanoparticle Evaporator, SPM, Vibrating Sample Magnetometer, Low Temperature I-V/C-V probe station, DIP-PEN, Fluorescence bio detection system, Physical Properties Measuring System</i>
<i>South Taiwan – National Cheng Kung University (NCKU)</i>	<i>Core Facilities for Southern Taiwan Nanotechnology Research Center</i>	<i>HRTM, Micro PL+Micro-Raman, FESEM, SPM, LPCVD, BEM, Nano Imprint, Fast Speed Laser Lithography System</i>

O *Education Program*, com investimento total de USD\$ 8 milhões (1,3 % do orçamento total) do MOE (*Ministry of Education*) tem como finalidade formar profissionais altamente capacitados em nanotecnologia através de:

- *Establish interdisciplinary nanoscience and technology curricula*
- *Enhance basic science knowledge (from high school)*
- *Promote international collaboration and personnel exchange*
- *Recruit talents from abroad*
- *Promote academic-industry collaborating research and personnel exchange*

¹⁴⁶ Taiwan National 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

Além dos investimentos em programas nacionais, o NST vai destinar U\$23,2 milhões para programas de colaboração internacional em nanotecnologia com instituições estrangeiras durante os próximos cinco anos.¹⁴⁷

Ao final deste programa nacional de nanotecnologia espera-se alcançar as metas apresentadas na Tabela 25.¹⁴⁸

Tabela 25. Metas pretendidas pelo programa nacional de nanotecnologia de Taiwan em 2008.

<i>Goals for Year 2008</i>	
<i>Performance category</i>	<i>Measure (cumulative, 2003-2008)</i>
<i>Derived economical gain</i>	<i>~ USD\$ 8.8 billion</i>
<i>Induced private investment</i>	<i>~USD\$ 4.1 billion</i>
<i>Publications</i>	<i>Articles in reputable international journals</i>
<i>Human resource development</i>	<i>Enrollment in sessions for seed teachers in grade through high schools: 2000</i> <i>Students pursuing post-bachelor studies: 120</i>
<i>Participating industrial partners</i>	<i>800 project partners</i>

Indústrias líderes em nanotecnologia em Taiwan formaram juntamente com órgãos governamentais uma organização chamada *Taiwan Nanotechnology Industrialization Promotion Association* (TNIPA), determinada a coletar e distribuir fundos e subsídios para pesquisa em nanotecnologia. Os membros do TNIPA são o ITRI, o *National Science Council*, e o *Industry Development Bureau* do *Ministry of Economic Affairs*. USD\$87 milhões já foram levantados pelo TNIPA. Os fundos levantados serão destinados a pesquisa de *Nano Solar Cells*, *Nanotech Organic Computers*, *Nano-Imprinting Lithography*, *Molecular Imaging Devices*, e *Quantum Cryptography Technology*, entre outras áreas de pesquisa em nanotecnologia em crescimento.¹⁴⁹

O mais tradicional instituto de pesquisa de Taiwan é o ITRI (Industrial Technology Research Institute). O escopo da nanotecnologia no ITRI cobre aspectos de *electronics, data storage, packaging, energy, display, photonics, biotechnology, platform technology, application in traditional industries, and facilities build-up*.¹⁵⁰

O programa de R&D do ITRI foi estruturado como um portfólio de três partes, 20/60/20. Aproximadamente 20% dos recursos destinados aos programas irão para tecnologias que podem ser imediatamente comercializadas, dentro de um ou dois anos.

O ITRI prevê que muitas das aplicações da indústria tradicional como *nano-powders, pigments, coatings e inks, nanotechnology-reconstituted plastics e polymers, fibers for textiles, paper products, inorganics e ceramics*, como também *metals e alloys*, serão o mercado potencial para utilização da nanotecnologia em um futuro muito próximo.

Outros 60 % dos recursos irão para as chamadas "major thrust" technologies. Estas são as principais fronteiras tecnológicas, cruciais para a competitividade da indústria de Taiwan – como *ICs, displays, data storage, packaging, mobile communications, optical communications, biotechnology e energy applications*. Mas as

¹⁴⁷ Fonte: <http://web2.innovationworld.net/biotechconnect/000342.html>

¹⁴⁸ Taiwan National, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

¹⁴⁹ Fonte: <http://web2.innovationworld.net/biotechconnect/000342.html>

¹⁵⁰ Fonte: www.itri.org.tw

incumbências do programa nestas categorias deverão ser muito bem estabelecidas de acordo com um rigoroso roadmap em R&D. Os 20% restantes irão para classe de nanotecnologia com implicações verdadeiramente revolucionárias, com potencial de comercialização em 10 a 20 anos.

Foram recuperadas 295 patentes em nanotecnologia no site de busca *European Patent Office*, depositadas em Taiwan, sendo que a primeira patente depositada neste país foi em 2000, pela Rhone Poulenc Chimie (FR), utilizando fragmentos de tamanho nanométrico.¹⁵¹ A Tabela 26 apresenta as principais instituições e empresas nacionais depositárias em Taiwan, o número total de patentes destas empresas depositadas em todo o mundo, número total de patentes depositadas em Taiwan, número total de patentes em nanotecnologia no mundo e em Taiwan, e as palavras-chaves citadas nas patentes depositadas em Taiwan.

Tabela 26. Maiores depositantes nacionais de patentes em nanotecnologia em Taiwan, de acordo com o site EPO.

<i>Instituição/ Empresa</i>	<i>Nº total de patentes (Taiwan e exterior)</i>	<i>Nº total de patentes em Taiwan</i>	<i>Nº total de patentes em nano</i>	<i>Nº de patentes em nano em Taiwan</i>	<i>Palavras-chaves</i>
<i>ITRI</i> ¹⁵²	7622	1824	62	25	<i>Nanocomposite, Nanometer, Nanotube, Nano-scale, Nano carbon tube, Nano displacement, Nanoparticle, Carbon nanotube, Nanotube, Nanocomposite (s), Nano-dispersed, fullerene (s)</i>
<i>National Science Council</i>	<i>ND</i> ¹⁵³	308	20	12	<i>Carbon Nanotube, Nano-porous, Quantum Dot (s), Nano-scale, Nanometric, Nanometer, Fullerene (s), Quantum Dot (s)</i>
<i>Taiwan Semiconductor MFG</i>	5871	2340	7	4	<i>Nanometer, Nano-si-crystal dots, Nanoglass</i>
<i>National Cheng Kung University</i>	49	29	5	4	<i>Nanoparticles, Carbon nanotubes, Nanoscale, Nanocomposite</i>
<i>Delta Optoelectronics</i>	32	16	5	3	<i>Carbon nano-tube</i>
<i>National Taiwan University</i>	31	15	6	3	<i>Nanostructure, Nano-particles, Nanometer</i>

A Tabela 27 apresenta as principais instituições e empresas estrangeiras depositárias em Taiwan, o número total de patentes destas empresas depositadas em todo o mundo, o número total de patentes depositadas em Taiwan, o número total de

¹⁵¹ Cementation slurry for encasing a reinforcement, in particular a prestressing steel armature. The invention concerns a cementation slurry for encasing a reinforcement. The cementation slurry comprises 1.5% to 3% by weight (with respect to the weight of the cement) of precipitated silica which are inert towards liquids, with a specific surface area of more than about 200 m squared/g and which can divide during mixing and/or injection into multiple fragments with sizes which can be as low as 5 nanometers and as high as 300 nanometers. The invention is of particular application in encasing prestressing steel armatures. Patent Nº TW380126.

¹⁵² ITRI: Industrial Technology Research Institute. www.itri.com

¹⁵³ Supera 1000 patentes.

patentes em nanotecnologia no mundo e em Taiwan, e as palavras-chaves citadas nas patentes depositadas em Taiwan.

Tabela 27. Maiores depositantes estrangeiras de patentes em nanotecnologia em Taiwan, de acordo com o site EPO.

<i>Instituição/ Empresa</i>	<i>Nº total de patentes</i>	<i>Nº total de patentes em Taiwan</i>	<i>Nº total de patentes em nano</i>	<i>Nº de patentes em nano em Taiwan</i>	<i>Palavras-chaves citadas</i>
<i>IBM (US)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1612</i>	<i>176</i>	<i>11</i>	<i>Nanocrystals, Nanoscale, Nanoparticles, Nanometer, Nanotube, Nanostructures, Nano-devices, Nanostep, Nanosteped</i>
<i>Allied Signal (US)</i>	<i>9453</i>	<i>88</i>	<i>104</i>	<i>10</i>	<i>Nanoporous</i>
<i>Sony (JP)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1401</i>	<i>104</i>	<i>9</i>	<i>Nano-indentation, Nano-aqueous, Carbon nanotubes, Fullerene (s)</i>
<i>Motorola (US)</i>	<i>55.971</i>	<i>478</i>	<i>45</i>	<i>6</i>	<i>Nanometers, Nanoclusters, Carbon nanotubes, Nanocrystal (s)</i>
<i>Infineon Technologies (DE)</i>	<i>13.708</i>	<i>727</i>	<i>60</i>	<i>6</i>	<i>Nanostep, Nanosteped, Nanostep, Nanosteped, Nanocrystallites, Nanotube, Nano-electronic, Quantum dot</i>
<i>Exxon Res. Eng. (US)</i>	<i>31.478</i>	<i>49</i>	<i>18</i>	<i>5</i>	<i>Nanocrystalline, Nanocomposite, Nanometers, Nanoporous</i>
<i>Bayer AG (DE)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>405</i>	<i>64</i>	<i>4</i>	<i>Nanoparticles, Nano-scale</i>
<i>Eastman Kodak (US)</i>	<i>75.768</i>	<i>73</i>	<i>95</i>	<i>4</i>	<i>Nanocomposite, Nanoparticulate</i>
<i>Japan Sci. & Tech. Corp. (JP)</i>	<i>5995</i>	<i>40</i>	<i>156</i>	<i>4</i>	<i>Nanostructural, Quantum dot, Carbon nanohorns</i>
<i>Matsushita Electric Ind. (JP)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1605</i>	<i>46</i>	<i>4</i>	<i>Carbon nanotube, Nanometer, Nanosized</i>
<i>Basf AG (DE)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>366</i>	<i>76</i>	<i>3</i>	<i>Nanoparticles, Nanodispersed, Nanometers</i>
<i>3M Innovative Properties (US)</i>	<i>10.093</i>	<i>142</i>	<i>45</i>	<i>3</i>	<i>Nanoparticles, Nanometers, Nanometer-sized</i>

Índia

O India National Science and Technology Initiative (NSTI) foi lançado em 2001, a exemplo de muitos outros programas e iniciativas ao redor do mundo, e tem como metas:¹⁵⁴

1. *Research Areas - synthesis and assembly, characterization, applications [Nanolithography & Electronics, Drug/Gene Targeting Delivery, DNA chip, CNT (carbon nanotubes), Nanostructured High Strength Materials, Quantum Structures and etc.].*
2. *Education – advanced schools, symposium and training workshops for research scholars/students for human resource development (HRD).*

¹⁵⁴ India National Science and Technology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol.2, nº 20, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-20.php

3. *Industry – strength interaction with industries in every area possible such as DDS, nanoelectronics, nanopowder/particle production, and surface coatings such as paints and pigments.*

As facilidades de infraestrutura nacional estão principalmente na área de caracterização sendo que um grande número de facilidades estão sendo criadas, de *Field Emission TEM with CCD, Nanomanipulator with SPM, AFM/STM/TEM, MALDI, PPMS with 7T Magnet & VSM, EB Writing Facilities and Nanolithography, Optical Tweezers, Nanocluster & Ion Beam Sources, Nano Indentor, Atomic Absorption Spectrometer, Patterning Apparatus, Microarray Spotter & Scanning, Dual Patch Clamp Set-up with Fluorescence, Fluorescence Microscope, Single Molecule Fluorescence Set-up and others.*

As principais instituições de R & D em nanotecnologia na Índia financiadas pelo NSTI são:

1. *Indian Institute of Science (IISc) Bangalore*
2. *Jawaharlal Nehru Center for Advanced Scientific Research (JNCASR), Bangalore*
3. *National Chemical Laboratory (NCL), Pune*
4. *National Physical Laboratory (NPL), New Delhi*
5. *Indian Association for the Cultivation of Science (IACS), Kolkata (Calcutá)*
6. *Saha Institute of Nuclear Physics (SINP), Kolkata*
7. *Indian Institutes of Technology (IIT) located in Delhi, Bombay, Kanpu Kharagpur, Guwahati, Madras, and Roorkee*
8. *National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur*

As principais universidades financiadas pelo NSTI são:

1. *University of Delhi*
2. *Banaras Hindu University*
3. *University of Hyderabad*
4. *Anna University*
5. *Madras University*
6. *Pune University*
7. *Vidyasagar University*
8. *North Maharashtra University*
9. *Madurai Kamaraj University*
10. *Osmania University*

As áreas de pesquisa e competência na Índia são as seguintes:

- a) *Applications of SWCNT in fluid flow measurements (IISc)*
- b) *Synthesis and properties of nanotubes and nanorods of transition metal oxides, chalcogenides, III-V semiconductor nanowires (IISc)*
- c) *Templates synthesis of nanowires (IISc)*
- d) *Synthesis and applications of nanocomposites*
- e) *Metallurgical routes to engineer the hardness of bulk nanocomposites (NPL, IIT, IACS)*
- f) *Applications of nanoparticles particularly for targeting DDS, pigment paints, engineering materials, novel sensors, and etc. (Delhi Univ., NCL)*
- g) *Biosynthesis of gene regulation and nano-biotechnology*
- h) *Functional nanostructure films (IISc)*

i) *Nanolithography, nano-imprinting and nano-manipulation (IISc, SINP)*

Os NSTI National and Technology Centers of Excellence serão alocados provavelmente no *SN Bose Center Kolkata, JINCASR Bangalore, NCL Pune, IISc Bangalore, IIT Chennai* e Kanpur, entre outros.

Colaborações internacionais têm acontecido nas áreas de nanocompósitos, nanopartículas e outros materiais nanoestruturados. Um exemplo desta colaboração ocorre entre o *Center for Nanomaterials* em Hyderabad com instituições da Rússia, Ucrânia, Japão, Alemanha e Estados Unidos tendo as seguintes facilidades: *pilot-scale facilities for producing nanopowders, facilities for producing CNT (carbon nanotubes) e facilities for agglomeration of nanopowders.*

Como em outros países também a Índia reconhece o grande *gap* que ocorre entre a pesquisa, ou o seu resultado, e a comercialização da tecnologia. No momento há poucas *start-ups* na Índia e se entende que é necessária a criação de incubadoras de nanotecnologia e o envolvimento de pequenos e grandes investidores. O *National Chemical Laboratory (NCL)* planeja formar uma incubadora de nanotecnologia próximo ao campus com financiamento do *Department of Science and Technology (DST)* e do *NPO business facilitator IndiaNano*.¹⁵⁵ A *IndiaNano* é uma plataforma criada pelos Estados Unidos e *Indian US Community in the Silicon Valey* junto com a comunidade de R & D indiana que tenta coordenar todos os *stakeholders: indian academy, corporate, government & private labs, entrepreneurs, early-stage companies, investors, IP, joint ventures, service providers, star-up ventures e strategic alliances.*

Atualmente algumas companhias privadas estão investindo em laboratórios de R & D em universidades e instituições governamentais, devido ao interesse em desenvolver nanotecnologia na indústria. No entanto o quadro mais comum é que as universidades e centros de pesquisa trabalham isoladamente, diminuindo assim a velocidade de crescimento tecnológico. A indústria acaba por utilizar os serviços e facilidades dos laboratórios como prestadores de serviço para resolver problemas bastante específicos a curto-prazo, ficando para trás a possibilidade de contratos de longo prazo onde seria possível o desenvolvimento de produtos e de tecnologias. Mas este quadro começa a apresentar mudanças desde a criação do *CranesSci MEMS Lab* em 2001, o primeiro laboratório de pesquisa em MEMS privado, uma *joint-venture* entre o *Indian Institute of Science* e a *Cranes Software International Ltd (CSIL)*. O objetivo é criar uma nova cultura em negócios de micro e nanotecnologia na Índia, criando sinergia entre instituições de pesquisa pública e indústrias privadas. A CSIL é uma companhia com capital de USD\$ 20 milhões e líder em *high-end science and engineering software products and solutions.*

A Índia tem investido pouco na pesquisa em nanotecnologia e, diferentemente dos Estados Unidos que tem um grande orçamento destinado a esta área, tem recrutado pesquisadores de várias universidades ao redor do mundo, especialmente os de etnia indiana. A intenção é reduzir a curva de aprendizagem (*learning curve*) uma vez que levaria muito tempo e recursos a obtenção de profissionais especializados nesta área.¹⁵⁶

A Índia tem destinado valores modestos para pesquisa em nanotecnologia, cerca de USD\$26 milhões. Há três anos, em 2001, o governo lançou o *National Program on Smart Materials* com orçamento de USD\$ 15 milhões durante cinco anos, coordenando cinco agências governamentais e envolvendo dez centros de pesquisa com foco

¹⁵⁵ Informações mais detalhadas podem ser conseguidas no site www.indianano.com

¹⁵⁶ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

principal em MEMS technology. O tópico de nanomateriais foi incluído neste programa e espera-se maior volume de recursos para expandi-lo.¹⁵⁷

Em 2002 o DST (Department of Science and Technology) lançou o National Nanotech Program com orçamento total aprovado de USD\$ 10 milhões até 2005.

Duas empresas farmacêuticas da Índia, a Dabur e a Shanta Biotech, utilizam tecnologias de *nanodrugs-delivery systems* em escala comercial.

No site EPO foram recuperadas quatro patentes com palavra-chave “nano*” depositadas na Índia, mostradas na Tabela 28.

Tabela 28 Depositantes de patentes em nanotecnologia na Índia

Instituição	Nº total de patentes (Índia e exterior)	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na Índia	Palavras-chaves
<i>Council Scient Ind Res (IN)</i>	4366	18	2	<i>Nano-sized Nano dimensional</i>
<i>Univ. Delhi (IN)</i>	13	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Dep. of Atomic Energy (IN)</i>	10	1	1	<i>Nanocrystalline</i>

Malásia

A nanotecnologia na Malásia é classificada como *Strategic Research (SR) of Intensification of Priority of Intensification of Priority Research Areas (IPRA) Program* dentro do *Eight Malaysia Plan*¹⁵⁸ (2001-2005) fundado pelo *Ministry of Science, Technology and Environment* (MOSTE). Os projetos SR têm os seguintes termos de referência:

- a) *within 60 months*
- b) *future competitive socio-economic environment or new breakthrough*
- c) *multi-institutional*
- d) *multi-disciplinary*
- e) *industry linkages*
- f) *commercialization potential*

Um orçamento de USD\$ 263 milhões foi destinado para o IPRA durante a vigência do *Eight Malaysia Plan*. Os fundos para SR representam 35% do total destinado ao IPRA, aproximadamente USD\$ 83 milhões. As quatro SR são:¹⁵⁹

1. *Design & Software Technology*
2. *Specialty Fine Chemical Technology*
3. *Optical Technology*
4. *Nanotechnology & Precision Engineering*

Para *Nanotechnology & Precision Engineering* o valor destinado para o período de cinco anos é de USD\$ 23 milhões.¹⁶⁰ Um valor muito abaixo, por exemplo, de Taiwan que tem praticamente o mesmo número de habitantes que a Malásia e irá destinar USD\$ 620 milhões durante 6 anos.

¹⁵⁷ A Glimpse at the India Nanotechnology and Business Vision. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº12, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/12.php

¹⁵⁸ Maiores detalhes do plano em http://www.epu.jpm.my/new%20folder/mtr/MTR_RMke8.pdf

¹⁵⁹ Nanotech Initiative in Malaysia (Part I). Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 17, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/17.php

¹⁶⁰ Nanotech Initiative in Malaysia (Part I). Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 17, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/17.php

As áreas de pesquisa em nanotecnologia incluem *nanophotonics*, *nanobiosystems*, *nanoelectronics*, *nanostuctured materials* e *nanometrology*.

A curto prazo a estratégia é:

- 1) *identify researchers in various areas of nanoscience with specific expertise;*
- 2) *upgrade and equip nanoscience laboratories and the state-of-the-art facilities;*
- 3) *prepare a comprehensive human resource development program for training nanoscientists.*

A longo-prazo pretende-se:

- 1) *nurture a nanoscience research culture among researchers*
- 2) *develop world class National Nanoscience laboratory in Malaysia*
- 3) *produce renown nanoscientists*

Atualmente as atividades desenvolvidas no programa de nanotecnologia da Malásia incluem o desenvolvimento de:

- a) *National Nanoscience Research Laboratories*
- b) *Undergraduate Program in Nanoscience and Technology*
- c) *Postgraduate Research Programs*

O IRPA já aprovou três programas em nanotecnologia e 17 projetos no total de USD\$ 37,6 milhões para nanotecnologia.¹⁶¹

Será construído o *Malaysian Institute for Scientific Advancement* (MISA) para absorver os doutores formados para que possam fazer seus pós-doutoramentos e assim se tornarem pesquisadores no instituto, seja no país ou em instituições estrangeiras. Também serão criados *National Satellite Laboratories* (NSL), que ficarão subordinados ao MISA, e um deles será o *Nanoscience Satellite Laboratory* cujos objetivos a curto e longo prazos são os mesmos descritos acima.

Aproximadamente USD\$ 2,6 milhões foram destinados ao centro durante os próximos três anos para compra de equipamentos para pesquisa.

A Tabela 29 apresenta os principais centros de excelência em nanotecnologia na Malásia.

Tabela 29. Centros de excelência em nanotecnologia em atividade na Malásia.¹⁶²

Name	Application	Funding (USD\$ million)/ Source
<i>Institute of Microengineering and Nanoelectronics (IMEN), UKM</i>	<i>MEMS</i>	<i>10,1/MOSTE</i>
<i>Ibnu Sina Institute for Fundamental Science Studies (IIS), UTM</i>	<i>Nanochemistry</i>	<i>5,3/IBD 2,9/MOSTE</i>
<i>Combinatorial Technology and Catalysis Research Center (COMBICAT), UM</i>	<i>Catalysts</i>	<i>4,0/MOSTE</i>
<i>Glycolipids Research Center</i>	<i>Nanomaterials/surfactants</i>	<i>3,0/MOSTE</i>
<i>SIRIM Berhad Advanced Materials Research Center (AMREC)</i>	<i>Nanocomposites</i>	<i>Unknown</i>

¹⁶¹ Malaysia Nanotechnology Part 3. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 28, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-28.php

¹⁶² Malaysia Nanotechnology Part 2. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 28, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/28.php

<i>School of Physics, USM</i>	<i>Electronics (Blue LED)</i>	<i>5,9/MOSTE</i>
<i>School of Medical Sciences, USM</i>	<i>Molecular Nanotech</i>	<i>0,6/MOSTE</i>
<i>Institute of Advanced Technology (ITMA), UPM</i>	<i>Electronics, Nanomedicine</i>	<i>Unknown</i>

UKM (University Kebangsaan Malaysia), UTM (University Technology Malaysia), UM (University of Malaysia), USM (University Sains Malaysia), UPM (University Putra Malaysia), IBD (Islamic Development Bank).

As estratégias do governo malaio para desenvolver a nanotecnologia no país são as seguintes:

1. *strengthening the policy making institutions and formulating policy guidelines.*
2. *formulating human resource development strategies*
3. *establishing supporting institutions and infrastructure*
4. *providing research grant for R & D in nanotechnology research fields.*

Uma premissa dos programas de governo para nanotecnologia, não só da Malásia, é focalizar o desenvolvimento de tecnologias naquilo que interessa à indústria.

No site EPO não foi recuperada nenhuma patente contendo palavra-chave “nano*” depositada na Malásia.

Tailândia

O país, através de seu MOST (*Ministry of Science and Technology*) e da NSTDA (*National Technology Development Agency*) só recentemente aprovou a criação de um centro de nanotecnologia, o *National Nanotechnology Center*¹⁶³ (NANOTEC). Este centro tem como objetivos:¹⁶⁴

5. *to identify and focus on niche areas in nanotechnology, thus enhancing Thailand's competitiveness.*
6. *to assemble and produce a critical mass of researchers and educators on nanotechnology.*
7. *to act as a national coordinating body between academia, industry and government.*

O centro terá um orçamento total de USD\$ 25 milhões no período de 2004-2008 e contará com 300 pessoas. As áreas de R & D focadas são *Advanced Polymer, Nanocarbon, Nnaoglass, Nanometal, Nanoparticles, Nanocoating, Nanosynthesis* com aplicações nas indústrias *automotive, foods, energy, environment, medicine and health*.

Um dos principais problemas enfrentados pelo país na área de bionanotecnologia é a falta de recursos humanos capazes de desenvolver projetos de pesquisa. O novo centro enviará 150 alunos de pós-graduação para países como Estados Unidos, Japão¹⁶⁵, Austrália, bem como países europeus durante os próximos cinco anos.¹⁶⁶

Além deste centro há atualmente na Tailândia 14 laboratórios em 6 universidades e 5 laboratórios em duas agências governamentais que totalizam quase 100 pesquisadores. Nestes laboratórios as pesquisas se concentram principalmente em *Nanoparticles, Quantum Dot Devices, Carbon Nanotube, Nanocoating and MEMS*.

¹⁶³ Site <http://www.nstda.or.th/nanotec/>

¹⁶⁴ Current Status of Nanotech in Thailand. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº19, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/19.php

¹⁶⁵ Já há cerca de 70 estudantes de pós-graduação estudando no Japão atualmente. Fonte: Science and Technology Collaborations Between Japan and Thailand. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº16, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-16.php

¹⁶⁶ Fonte: Thailand's leader plants the seeds for a future in nanobiotech. Small Times, 2003, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=5588&keyword=nanotechnology%20and%20Thailand&summary=1&startsum=1

Israel¹⁶⁷

O governo de Israel lançou em 2002 o *Israel Nanotechnology Program* (INP) dentro de seu INNI (*Israel National Nanotechnology Initiative*) que terá duração de cinco anos (2003-2007) e que tem como focos:

- ❖ *Mission: Launch immediately a collaborative government/academia/industry/world Jewry initiative to allow Israel to efficiently reach critical mass in Nanotechnology*
- ❖ *Priority applications meeting Israel's economic needs: Defense, Electronics, Energy, Environment/Water Desalination and Nano-bio.*

Os desafios enfrentados por Israel residem em:

- *Strong infrastructure is critical*
- *Israel has special security and economic needs*
- *Israel's resources pale in comparison to global efforts*
- *Nanotechnology's potential scope is "too broad"*
- *Risk of fragmentation of efforts across institutions, subjects*

As atividades do INP, bem como dados de suporte financeiro e desenvolvimento de tecnologia estão resumidos na Tabela 30.

Tabela 30. Resumo do Plano de Investimento do INP.

	Research	Technology Development
<i>Target Result</i>	<i>Know-how and tools required for technology development</i>	<i>Opportunities ready for "transfer" to product innovation and commercialization, VCs, etc.</i>
<i>Effort led by....</i>	<i>Universities, research institutions, and national labs</i>	<i>Industry</i>
<i>In collaboration with ...</i>	<i>Industry</i>	<i>Universities</i>
<i>5-year Investment</i>		
<i>Infrastructure</i>	<i>\$100M+</i>	<i>\$25M</i>
<i>Prototyping Capability</i>	<i>\$100M+</i>	
<i>Projects</i>	<i>\$15M+</i>	<i>\$75M</i>
<i>Source of Funds</i>	<i>Private Donors + TELEM (incl.Ministries of Defense, Industry) +matching funds, international collaboration (e.g., BSF, GIF)</i>	<i>Telem, Ministry of Defense, Ministry of Industry (Magnet, OCS), other public (to be negotiated), industry, global, international collaboration (e.g., BIRD, EU programs)</i>
<i>Success Metrics (2007)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>40 graduates annually</i> ❖ <i>High quality, interdisciplinary publications</i> ❖ <i>100 patents</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>100 patents</i> ❖ <i>\$40 industry funding</i> ❖ <i>5 start-ups with \$150M in VC funding and 750 employees</i>

¹⁶⁷ Final Report of National Nanotechnology Committee, 2004, no site http://www.nanotrust.org.il/pdf/INNI_Report.pdf

O National Nanotechnology Board será responsável pela alocação dos fundos, monitoramento do progresso da pesquisa e desenvolvimento e supervisão da implementação deste programa até 2007. No relatório do *Nanotechnology Committee* a nanotecnologia é vista como um ponto estratégico nacional para o desenvolvimento e crescimento do país. O governo de Israel entende que é necessário aumentar o investimento em nanotecnologia, mas também sabe que como outros países pequenos não pode gastar o mesmo que países como os Estados Unidos. Só em 2002 os governos investiram USD\$ 2 bilhões em todo o mundo em R & D. Em 2001 Israel investiu somente USD\$ 10 milhões, enquanto Estados Unidos investiram USD\$ 696 milhões, Japão USD\$ 550 milhões e a Europa Ocidental USD\$ 225 milhões.

Alguns dados importantes sobre o status da pesquisa em Israel:

- a) *Capital spending: About \$ 80 million already spent on buildings, salaries and equipment; additional \$ 100 million required to bridge major gaps in basic instrumentation.*
- b) *Significant spending – required to “productize” initial research – has not been considered so far.*
- c) *Israel (with a total of over 120 key researchers in Nanotechnology) is at the scale of a single leading US center (e.g., UCLA or UC Santa Barbara)*
- d) *Israel is still one of the few developed countries lacking a national policy in Nanotechnology. Telem’s initiative in appointing the National Nanotechnology Committee is intended to establish such a policy.*

Como possíveis fontes de captação de recursos para o programa são citados:

- *Private donors have been approached with an application to support Nanotechnology infrastructure equipment in the universities.*
- *The Ministry of Defense is willing to fund research and technology development for targeted applications (e.g., in armors, explosives, bio/chem sensors, etc.) but not infrastructure*
- *No local industry seems to exist which could finance the innovation at an earlier stage.*

Mas o governo também entende que a limitação nos recursos serve como incentivo para maximizar a colaboração entre academia, indústria e governo, como também as parcerias internacionais.

Com o INP o governo espera conseguir um salto, de uma ordem de grandeza, na competência nanotecnológica de Israel e a medida do sucesso será realizada através dos seguintes parâmetros:

- ❖ *Academic excellence: Significant gains in the level of excellence of Nanotechnology-related academic publications, measured by content (merit), impact (citations), and effectiveness (interdisciplinary work, and/or cross-institution collaboration).*
- ❖ *Growing capability: Two-fold increase in the number of qualified graduates, reaching 40 (annually) by 2007.*
- ❖ *Tangible results: at least 200 new patents by 2007, consisting of 100 in Research areas and 100 in Technology Development.*
- ❖ *Active engagement with technology users: Industry funding of Nanotechnology research to reach at least \$5M by 2005 and \$20M by 2007.*
- ❖ *Economic impact: About 5 local Nanotechnology-related start-ups with \$30M each in venture capital funding by 2007; at least 750 employees engaged in Nanotechnology-related business.*

Algumas regras para pesquisa acadêmica e industrial foram recomendadas dentro do INP:

- *Expanded role for university: adopt academic culture to create environment of basic research together with start-ups contributing to national priorities.*
- *Influence industrial decision-makers (e.g., Chief Scientist) to incentivize start-ups, with an eye toward built-to-last enterprises (see Attachment 11)*
- *Common representation (single point of national and international contact) of Israeli Nanotechnology scientific and technological resources.*

Durante o período de cinco anos (2003-2007) de vigência do INP, o programa será operado via colaboração universidade/laboratórios nacionais/indústria nas atuais instituições, sendo que a atividade deverá ocorrer de duas maneiras:

- ***Research*** *centered in the universities, with academy–industry collaboration.*
- ***Technology development*** *centered in industry (and start-up companies) with industry–academy collaboration.*

As áreas de prioridades nacionais são divididos em dois tópicos:

A) *Priority Fields of Research*

- *Nano-materials*
- *Nano-bio*
- *Nano-electronics and Nano-optoelectronics*

B) *Priority Technology Development (Problems) Areas*

For civilian applications

- *Electronics*
- *Energy*
- *Environment / water desalination*
- *Nano-bio*

For defense applications

Ministry of Defense will fund necessary application work in addition to the above, leveraging civilian-driven research.

Uma das grandes preocupações do governo de Israel é a escassez de água potável no mundo, tópico não observado em outros programas de nanotecnologia estudados. Assim há um interesse muito grande em utilizar a nanotecnologia como aliada na dessalinização da água.

Dentro do *Water Purification Initiative*, iniciativa criada para pesquisar exclusivamente tecnologias para dessalinização, o governo israelense espera tornar-se líder mundial em tecnologias de purificação de água conseguindo:

- *Commercial success and Economic development*
- *Global cooperation and intergovernmental programs*
- *Humanitarian and environmental contribution*

Já há grandes avanços conseguidos com o desenvolvimento de tecnologias na *Ashkelon Desalination Plant* e no *Grand Water Research Institute*.

Dentro da iniciativa proposta já começam a aparecer os primeiros resultados, em três áreas principalmente: *pure membrane technology, integration of energy and membrane components and development of nanosensors*. As pesquisas vêm sendo realizadas nas seguintes universidades: *Weizmann Institute of Science, Technion – Israel Institute of Technology, Tel Aviv University e Bar-Ilan University*.

O orçamento estimado para colocar Israel em uma melhor posição na área de nanotecnologia deveria ser de USD\$ 300 milhões e dentro deste orçamento os recursos seriam alocados nas seguintes pontas:

(a) *Investment of \$115M for Nanotechnology research (\$100M in infrastructure and \$15M in projects)*

(b) *Investment of \$100M for Nanotechnology technology development (\$25M in infrastructure and \$75M in projects)*

(c) *Investment of over \$100M in a common prototyping facility containing significant new capital (subject to Board approval within a year 3)*

- *The INP is targeted to increase the cumulative Nanotechnology infrastructure investment more than three-fold over five years, from \$80M today to over \$200M (without a prototyping facility) or over \$300M (with a prototyping facility).*

- *A significant amount of the infrastructure investment would be necessary within the first three years of this Program (in order to enable necessary research and development); project work grants would be tied to emergence of attractive opportunities and availability of industrial partners.*

- *A preliminary outline of the financial resources*

- *The projected \$100M budget for most of the research investment consists of (not yet approved).*

Contribution from the private donors (equipment) \$ 25M

University matching (salaries, building, equipment, donations) \$ 50M

National resources (Telem) \$ 25M

Total for research \$ 100M

- *The sources of additional budget of \$215M have to be identified (inside Israel as well as globally); they could include Telem, Ministry of Defense, Ministry of Industry (Magnet, OCS), other public (to be negotiated), private donors, Israeli and global industry, and international collaboration*

(e.g., BSF, GIF, BIRD, EU programs). However, there is no need to await the availability of all funds: existing funds should already be used effectively in a focused way.

Mesmo com um orçamento previsto de USD\$ 300 milhões tem sido publicado que Israel tem investido USD\$ 150 milhões em nanotecnologia com um orçamento anual de USD\$ 25 milhões, como informa o *Israeli Nanotechnology Trust*,¹⁶⁸ órgão que angaria os recursos e os distribui no INP.¹⁶⁹

Os Centros de Nanotecnologia existentes em Israel são apresentados na Tabela 31, e conta-se atualmente com 120 pesquisadores trabalhando diretamente em projetos de nanotecnologia.

¹⁶⁸ Maiores informações podem ser conseguidas no site Fonte: <http://www.nanotrust.org.il/about.asp>

¹⁶⁹ CANADIAN INVITES THE WORLD TO POOL ITS RESOURCES ON CLEAN WATER. Small Times, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=6959&keyword=Israel%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=1

Tabela 31. Centros de Nanotecnologia existentes em Israel.

<i>University</i>	<i>Center Name</i>	<i>Mission</i>
<i>Tel Aviv University</i>	<i>The University Research Institute for Nano- Science and Nano- Technologies</i>	<i>To provide a framework for the advancement of interdisciplinary research and development within the nano- scale dimension.</i>
<i>Technion</i>	<i>Multidisciplinary Board for Nanoelectronics and Nanooptics</i>	<i>The board will guarantee successful structuring, and coordination of all activity in nanoelectronics and nanooptics at the The board will generate educational activities, appropriate infrastructure and international symposia. Furthermore, the board will serve as a port to industry and other external agencies (universities, start ups etc).</i>
<i>Hebrew University</i>	<i>Hebrew University Center for Nanoscience and Nanotechnology (HUCNN)</i>	<i>To promote basic and applied research in nanoscience and nanotechnology to new grounds. To educate and train the future generation of leaders in nanoscience so that nanotechnology industries in Israel will become world leadres in the field.</i>
<i>Bar Ilan University</i>	<i>Bar Ilan Center for Advanced Materials (Nanoscience Initiative)</i>	<i>Develop new materials for energy biomedical environmental applications</i>
<i>Weizmann Institute</i>	<i>1. Braun Center for Sub-micron Research 2. Center for Nanoscale Science</i>	<i>1. Variety of projects in Low dimensional structures in semiconductors, III-V compounds, organic and inorganic fullerenes. The projects include complex fabrication and testing 2. Promote research in Nanoscale Science including Biological research</i>
<i>Bem Gurion University</i>	<i>Ilse Katz Center for Nanoscience and Nanotechnology</i>	<i>To integrate basic disciplines in Natura Science and Engineering to a coherent unit. To promote basic and applied research in nanoscience and nanotechnology to new grounds. Create conditions so that nanotech industries in Israel will become world leaders</i>

O nível de atividade nestes centros está resumido na Figura 11.

Relative Activity Level by Projects

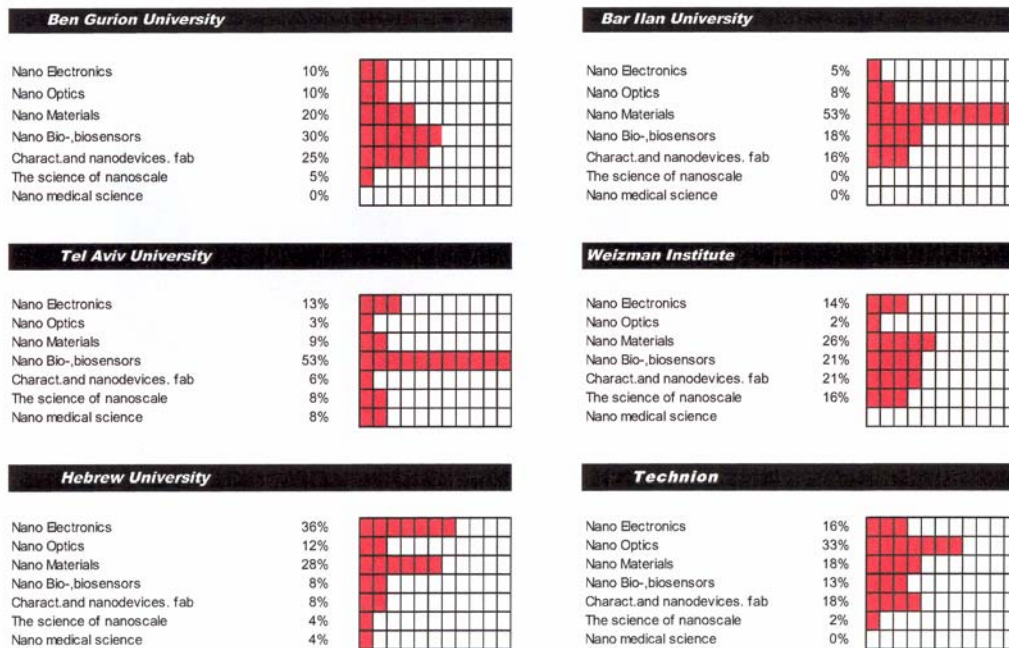
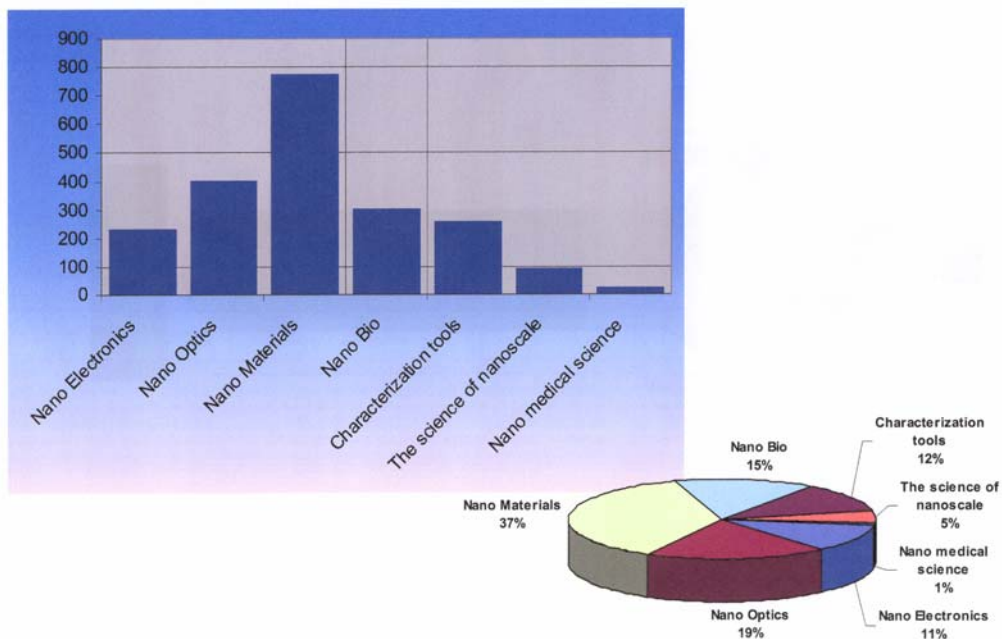


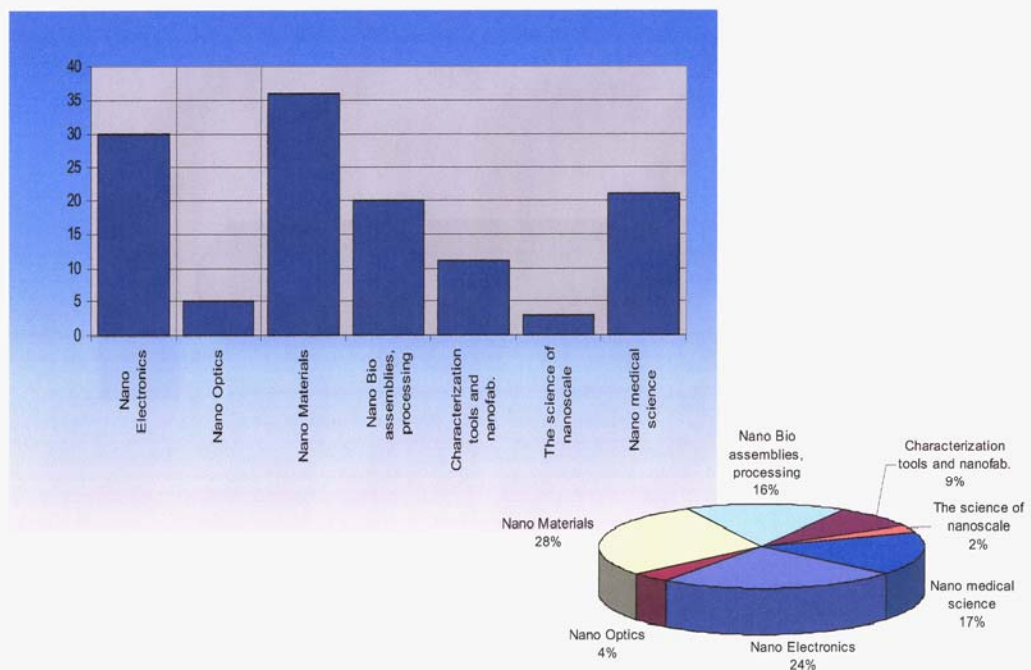
Figura 10. *Nível de atividade em nanotecnologia nos centros de relacionados na tabela 31.*

Conforme se observa na Figura 11, as principais áreas de pesquisa em Israel são: *nanoelectronics*, *nano optics*, *nanomaterials*, *nanobio*, *characterizatoin tools*, *the science of nanoscale* e *nanomedical science*. A Figura 12 apresenta gráficos de distribuição do número de artigos publicados e de pedidos de patentes nestas áreas em 2002.

Number of Publications by Research Field



Number of Patent Applications by Research Field*



* Partial list. Does not include TAU

Figura 11. Acima, número de publicações nas áreas de maior incidência de projetos e abaixo, o gráfico do número de pedidos de patentes por área de pesquisa.

A Figura 4 apresenta uma tabela que resume os investimentos solicitados pelos centros de nanotecnologia, bem como o orçamento de trabalho e o número de pesquisadores principais atuantes nestes centros.

Investment Summary						
Institute	Existing Equipment (M\$)	Other Capital (M\$)	Requested Equipment (M\$)	Requested other Capital (M\$)	Operating Budget (M\$)	Number of Key researchers
TAU	3.50	1.00	4.70	3.15	0.75	12
HU	6.00	0.80	10.70	2.40	0.00	23
BIU	8.80	2.40	10.00	0.00	4.10	13
Technion	24.50	26.60	15.58	9.00	13.50	48
BGU	4.50		8.67	10.00		15
1.Weizmann	17.00	3.00	10.00	2.00	3.00	7
2.Weizmann	1.50	2.00	3.00	1.00		10
Total	65.80	35.80	62.65	27.55	21.35	128

Figura 12. Resumos dos investimentos nos centros de nanotecnologia de Israel.

A Figura 14 apresenta gráficos de distribuição de equipamentos por área de aplicação e também o custo destes equipamentos.

Equipment Summary by Application

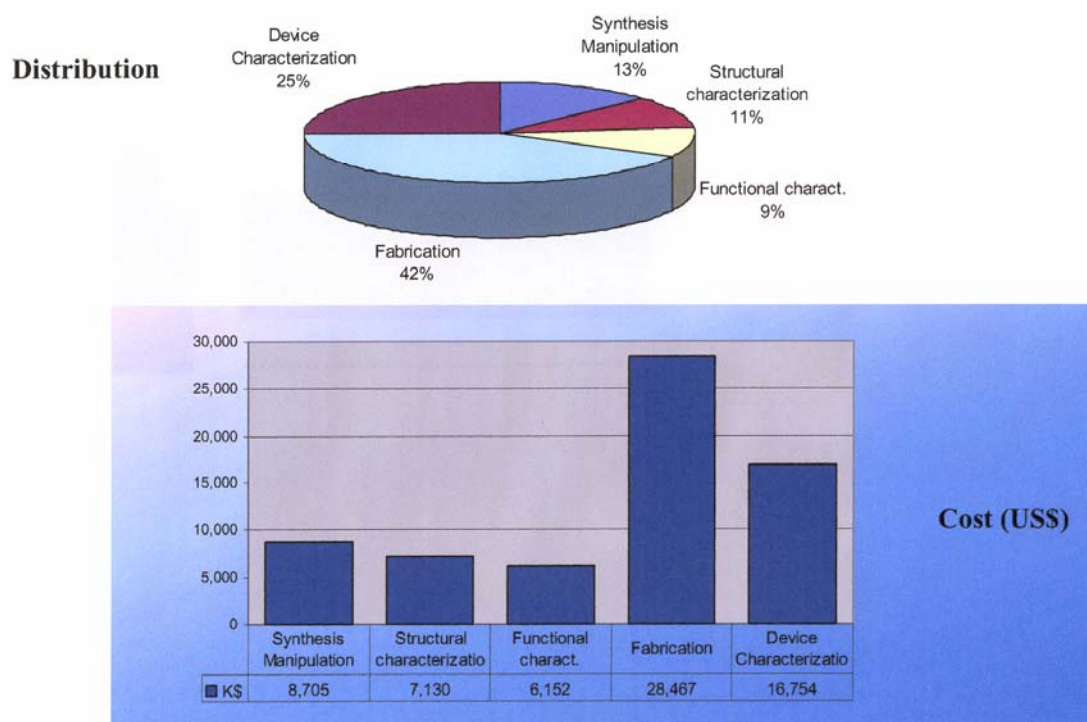


Figura 13. Gráfico da distribuição do percentual de equipamentos nas principais áreas relacionadas com a pesquisa em nanotecnologia, bem como o custo destes equipamentos.

Um quadro interessante que se apresenta em Israel é o número de empresas que mantém cooperações com os centros de nanotecnologia, apresentado na Figura 15.

Industrial Co-operation - (1) *

Company	TAU	Technion	BIU	BGU	HU	Weizmann
Abbott					✓	
Amcol					✓	
Applied Materials		✓		✓		✓
Aprior			✓		✓	
Ashot		✓				
Cargill Denmark		✓				
Carmel Olefins			✓			
Dexxon, Israel					✓	
ECR			✓			
Eger		✓				
Electronics Ferro Corp		✓				
ELOP		✓	✓		✓	✓
ELTA						✓
Gal El						✓
General Motors		✓	✓			
Indigo			✓			
Intel	✓	✓		✓	✓	
Israel Aircraft Industries			✓			
Israel Ministry of Defence		✓	✓			✓
Kafrit Brom			✓			
Kamag		✓				
KLA		✓				
LG Korea			✓			
Lucent	✓					

(*) Main examples. Not a full list. Many other engagements exist with start-up companies

Industrial Co-operation - (2) *

Company	TAU	Technion	BIU	BGU	HU	Weizmann
Machteshim					✓	
Magma			✓			
Merck (Germany)			✓			
Nanonics					✓	
Nanopowders		✓	✓			
Nanozise			✓			
Nova		✓			✓	
Orbotech			✓			
P&G USA		✓				
PolyGene Ltd Israel					✓	
Rafael		✓				
Ranbaxy India					✓	
Research Cooperation		✓				
Savion Diagnostics			✓			
SCD		✓				
Scitex			✓			
Sensy					✓	
Sol-Gel Technologies		✓	✓		✓	
Tadiran			✓			
Tahasiot Laser			✓			
TI	✓					
Tower Semiconductor					✓	
Vitramon Corp		✓				

(1) Main examples. Not a full list. Many other engagements exist with start-up companies

Figura 14. Empresas que mantém colaborações com os centros de nanotecnologia de Israel.

A Figura 16 apresenta as principais oportunidades em nanotecnologia em dois centros de nanotecnologia em Israel.

Key Opportunities Tel Aviv University

Nanotechnology Field	Military Applications	Civilian Applications	Rationale
Nano-bio technology	Anti-Non-conventional warfare Biological sensors	New bio-technologies for biological material synthesis and analysis. Functionality detection (as opposed to molecular detection)	Strong knowledge base at TAU
Nano-medical	Drug or vaccine release Selective treatment "smart" medicine.	Drug or vaccine release	Existing knowledge
Nano-materials	Novel coatings : super-hard, wear resistant	Novel thin films with unique properties: eg. high magnetization, improved adhesion, etc.	Combine nano- scale properties to improve micro and macro scale characteristics.
Nano-electronics	High speed devices High density low-cost arrays	Plastic based technology – low-cost, flexible.	
Integrated bio-chips (Integrate nano & MEMS)	Field deployable testing		Pragmatic approach High chance for success

Key Opportunities:Technion

Nanotechnology Field	Military Applications	Civilian Applications	Rationale
Nano electronics	Denser and faster electronics. Denser and larger memory	Same as military application	Fast, denser, low currents, inexpensive, utilizes novel effects
Nano optics	Tele-communication fast lasers, Optical switches and logic gates LEDs, IR detectors	Same as military applications	Fast, small, inexpensive, safer utilizes novel effects
Nano Bio	Detection of biological warfare	Healthcare, therapeutics, diagnostics, molecular computing, molecular electronics	Human and environmentally friendly, inexpensive, small, fast, utilizes novel effects
Nano materials	Harder materials, resistance to various external conditions and chemicals	Same as military application	Flexible chemical processing, inexpensive, molecular scale control, harder, more resistant, self repairing, environmentally friendly

Figura 15. Principais oportunidades existentes nos centros de nanotecnologia da Tel Aviv University e Technion de Israel.

Recentemente anunciou-se a criação de uma *joint scientific venture* entre o estado da Georgia (USA) e Israel.¹⁷⁰ Com a construção de um moderno centro de nanotecnologia na Georgia pretende-se tornar a Georgia o maior centro de nanotecnologia nos Estados Unidos e a finalidade da formação desta joint venture é tornar Israel o principal centro de nanotecnologia no Oriente Médio.

¹⁷⁰ GEORGIA, ISRAEL EMBARK ON JOINT SCIENTIFIC VENTURE, Small Times 16/06/2004, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=8070

Por outro lado há uma forte preocupação com a formação de *nano startups*, pois o *Israel Incubator Program* teve forte corte no orçamento deste ano.¹⁷¹ A diretora do programa admite que será impossível operar com tamanha restrição orçamentária, o que poderá prejudicar a pretendida ascensão de Israel no campo da nanotecnologia. O programa já tem 13 anos de operação e dois exemplos do sucesso do programa são as startups *NanoPass*¹⁷² e *NutraLease*¹⁷³. Em 2002 o orçamento destinado ao programa era de USD\$ 40 milhões enquanto em 2004 o mesmo caiu para USD\$ 18 milhões. O programa nestes treze anos aprovou mais de 800 startups, sendo que em 2003 foram 85. Como as startups recebem investimentos de fundos de capital de risco após dois anos de maturação, os futuros investimentos serão em muito reduzidos, o que poderá comprometer o desenvolvimento de novas tecnologias e empresas.

Embora haja um esforço grande de Israel em desenvolver sua nanotecnologia, no site da EPO foram recuperadas apenas 21 patentes com a palavra-chave “nano*” depositadas em Israel.¹⁷⁴ A Tabela 32 apresenta as instituições depositárias, número total de patentes, número de patentes em nano* e número de patentes em nano* depositadas em Israel bem como as palavras-chaves utilizadas.

¹⁷¹ ISRAEL'S INCUBATOR PROGRAM AT RISK DUE TO BUDGET CUTS. Small Times, 28/07/2004, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=8187&keyword=Israel%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=1

¹⁷² NanoPass is a market-driven developer of painless MicroPyramid™ devices for drug delivery and diagnostics. The Company has registered twelve patents (two approved and ten pending) for the structure, materials, processes and systems for creating hollow micro-needles allowing easy bi-directional passage of biological materials through the skin, for multiple applications. Utilizing the most advanced MEMS (micro electro- mechanical systems) bioengineering that is used in silicon wafer micro-fabrication, the Company's founder, Dr. Shuki Yeshurun has developed a micro device that is sharp, robust and minute enough to penetrate the outer layers of the skin in a completely painless manner. This low-cost, disposable, biocompatible product may be used for the release of large molecules, including therapeutic proteins, antibodies, vaccines, genes and peptides in a safe and efficient manner that was impossible to date with existing drug delivery solutions. Site www.nanopass.com/

¹⁷³ NutraLease is a company was established by a scientific team from the [Casali Institute for Applied Chemistry](#) in the [Hebrew University of Jerusalem](#), headed by [Prof. Nissim Garti](#) and Dr. Abraham Aserin. The other main stock holders are [Yissum](#), the business arm of the Hebrew University, [Ashkelon Technological Industry](#), a scientific incubator of the Israeli's trade and industrial office, [Peerless Ltd.](#), an Australian manufacturer of premium quality edible oils, fats and margarines and [Adumim Food Ingredients](#) - a supplier of specialty and unique natural ingredients to the food industry. Platform: i) Enhances the [solubilization](#) capacity of different compounds in either water-based or oil-based environments (ii) Improves the [bioavailability](#) of some healthy compounds that are otherwise not functional in the human body. Mission: To implement its patent pending technology in different fields to improve performances of targeted compounds. Site: <http://nutralease.com/index.asp>

¹⁷⁴ No site da EPO é possível saber quem deposita patentes em um determinado país através do *applicant number*.

Tabela 32 Depositantes de patentes em nanotecnologia em Israel.

Depositante	Nº total de patentes (Israel e exterior)	N de patentes em nano*	N de patentes em nano* depositadas em Israel	Palavras-chaves
<i>Yeda Res & Dev (IL)</i>	3.960	22	2	<i>Fullerene</i>
<i>Univ Ramot (IL)</i>	840	3	1	<i>Nanostructure Nanoparticles</i>
<i>Yissum Res Dev (IL)</i>	2.210	14	1	<i>Nanosized Nano-materials Nanosize</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>	90	6	3	<i>Nanoparticles Nanocrystalline</i>
<i>Nanosystems (US)</i>	71	38	3	<i>Nanoparticles</i>
<i>Hyperion Catalysis (US)</i>	341	50	2	<i>Nanofibers Nanotubes Fullerenes</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	2	<i>Nanostructured</i>
<i>Protiveris (US)</i>	7	3	1	<i>Nanoelectrode Nano scale</i>
<i>Neose Technologies (US)</i>	78	4	1	<i>Nanofiltration</i>
<i>IGEN Inc (US)</i>	501	1	1	<i>Nanotubes Fullerenes</i>
<i>Novartis AG (CH)</i>	9.668	3	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Hoechst AG (DE)</i>	100.000	55	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Pharmos (US)</i>	52	3	1	<i>Nanoemulsion (s)</i>
<i>Brown University (US)</i>	11	2	1	<i>Nanocrystals Nanoparticles</i>
<i>Farmalyoc (FR)</i>	6	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Yamanouchi Europ (NL)</i>	109	5	1	<i>Nanoparticles</i>

Irlanda¹⁷⁵

O *Nanotechnology National Roadmap* segue três estágios, como apresenta a Figura 17, estendendo-se de 1980 a 2020. O primeiro estágio de 1980 a 2000 serviu para determinar e consolidar o setor de *nanotools* e reconhecer a existência de um setor de nanomateriais nascente. O segundo estágio, atualmente em vigor, quer consolidar o setor de nanomateriais e a fabricação de um grande número de *nanotools* e nanomateriais disponíveis em produtos e processos (*the marketing of a growing number of nanotools and nanomaterials enabled products and processes*).

O terceiro estágio iniciado em 2000 se estende até 2020 e prevê o uso das *nanotools* e nanomateriais em muito setores, de forma muito ampla, levando a comercialização de produtos e processo novos e/ou aprimorados disponibilizados pela incorporação de nanodevices e nanosystems.

Estima-se que haja 114 pesquisadores em 10 grupos de qualidade internacional atualmente envolvidos com a pesquisa em nanotecnologia na Irlanda, os quais têm

¹⁷⁵ A Irlanda demonstrou, nos últimos vinte anos a possibilidade de qualquer país atuar em qualquer área tecnológica, não importa quanto atrasado tenha ficado em uma ou outra área, desde que tenha políticas efetivas e objetivas. Deixou de ser um país pobre e retrógrado para ser hoje um autêntico "tigre" tecnológico e econômico, com forte base científica.

conseguido atrair fundos para *facilities* (superior a USD\$ 37 milhões) e projetos (da ordem de USD\$ 74 milhões) tanto de fontes nacionais quanto internacionais.

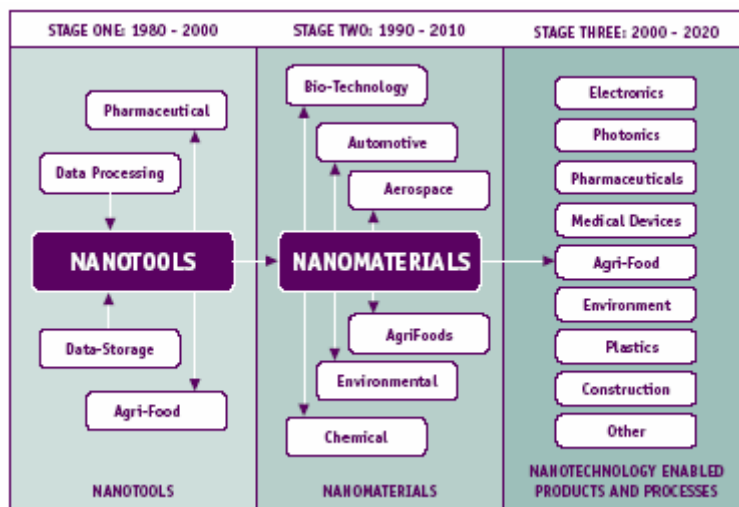


Figura 16. *Nanotechnology National Roadmap da Irlanda.*¹⁷⁶

As principais áreas de interesse do país R & D em nanotecnologia são:

1. *ICT-electronics*
2. *ICT- photonics*
3. *Healthcare-pharmaceuticals*
4. *Healthcare-medical devices*
5. *Agri-food*
6. *Polymers and Plastics*
7. *Construction*

Os primeiros quatro setores são dominados por empresas *start-ups* nacionais e também companhias multinacionais, enquanto os três últimos são dominados por empresas nacionais. Para as *star-ups* e multinacionais as principais oportunidades estão em desenvolver ou adotar antecipadamente *nanotools*, *nanomaterials*, *nanodevices* e *nanosystems* para desenvolver novos produtos e processos. Já para as empresas nacionais há muito estabelecidas ou tradicionais a principal oportunidade está em usar *nanotools* e *nanomaterials* já disponíveis para melhorar, aperfeiçoar produtos ou processos já existentes.

A competência nacional em nanotecnologia na Irlanda foi estimada através de quatro tópicos:

- *Third level Institutions*
- *New Indigenous Companies*
- *Established Indigenous Companies*
- *Multinacional Companies*

Através das *third level institutions* foi possível determinar o nível e a natureza da atividade de pesquisa em nanotecnologia, bem como a infra-estrutura disponível para os pesquisadores e identificar o nível e as fontes de financiamento. Como descrito há

¹⁷⁶ ICSTI Statement on Nanotechnology. Irish Council for Science, Technology and Innovation, 2004, no site http://www.forfas.ie/icsti/statements/icsti040714/icsti040714_nanotech_statement.pdf

aproximadamente 114 pesquisadores em 10 centros de pesquisa envolvidos com nanotecnologia. Além dos pesquisadores há ainda um número grande de alunos de pós-graduação, 250, o que dá uma razão de 2 alunos para cada pesquisador profissional.

As principais áreas de pesquisa nas universidades e instituições são em *nanotools*, *nanomaterials*, *nanodevices* e *nanosystems*. Em termos de infra-estrutura o HEA (*Higher Education Authority*) investiu USD\$ 20,3 milhões no estabelecimento do *National Nanofabrication Facility* no NMRC que fica na *University College Cork* e outros USD\$ 18,1 milhões na criação do *Institute for Advanced Materials* que fica no *Trinity College Dublin*. O HEA também aprovou uma verba adicional de USD\$ 11,2 milhões para programas nas universidades de nível superior que tenham uma significativa componente nanotecnológica.

A grande maioria dos recursos e fundos disponíveis para financiar pesquisa dentro das instituições em nanotecnologia vem das seguintes fontes:

- Higher Education Authority; through the Irish Research Council for Science, Engineering and Technology
- Science Foundation Ireland (SFI)
- Enterprise Ireland
- European Union

O *Irish Research Council for Science, Engineering and Technology* alocou USD\$ 2.43 milhões em 22 projetos de nanotecnologia ou relacionados. A *Science Foundation Ireland* fundou 15 projetos e alocou USD\$ 56.56 milhões. A *Enterprise Ireland* aprovou 40 projetos e destinou USD\$ 7.98 milhões. A *European Union* está financiando 16 projetos com orçamento total de USD\$ 8.89 milhões.

Os demais tópicos utilizados para estimar a competência irlandesa em nanotecnologia refletem que ainda há um *gap* grande entre o que se faz nas universidades e o que vira produto ou processo na indústria.

Estima-se que o fundo anual de investimento do governo irlandês em nanotecnologia seja de USD\$ 49,33 milhões por ano, de acordo com o *Nanotechnology Strategy Document 2003-2008*.

No *National Development Plan 2000-2006* há uma provisão de USD\$ 3,07 bilhões para *Research, Technology, Development and Innovation* (RTDI), sendo que deste total USD\$ 860 milhões são para R & D nas universidades, USD\$ 877 milhões são para implementação de *Technology Foresight* (ICT/Bio), USD\$ 597 milhões para pesquisa na indústria e USD\$ 329 milhões para promover redes de colaboração.¹⁷⁷ Note-se que esses valores são gerais e não específicos para nanotecnologia. Os fundos disponíveis para R & D em nanotecnologia vem de algumas fontes: USD\$ 15,4 milhões por ano da SFI, USD\$ 25,1 milhões da PRTL (HEA), USD\$ 1,6 bilhões do Framework 6 (programa da União Européia).

As três metas deste *Nanotechnology Strategy Document 2003-2008* são:

- *Encourage and support 8 new high potential start ups;*
- *Encourage 40 established EI clients to investigate, adopt and apply nanotechnology in their products or processes with the objective of 20 companies succeeding within 5 years;*

¹⁷⁷ Crean, G. M. Nanotechnology in Ireland. Workshop on Nanotechnology Networking and International Cooperation. 2004, no site <http://www.nims.go.jp/ws-nanonet/Speakers/Crean-NMRC-Irelandr.pdf>

- *Encourage a doubling in the number researchers working in nanotechnology from 130¹⁷⁸ to 260 researchers over the period.*

Foram recuperadas 13 patentes com a palavra-chave “nano*” no site do EPO, sendo 6 de empresas estrangeiras e 7 de instituições e empresas da Irlanda, conforme se observa na Tabela 33.

Tabela 33. Depositantes de patentes em nanotecnologia na Irlanda.

Depositante	Nº total de patentes (Irlanda e exterior)	Nº total de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na Irlanda	Palavras-chaves
<i>Elan Corp PLC (IE)</i>	415	6	2	<i>Nanoparticles Nanospheres</i>
<i>Lakeland Dairy Proc (IE)</i>	4	2	1	<i>Nanofiltration</i>
<i>Ntera¹⁷⁹ (IE)</i>	4	2	1	<i>Nanostructured</i>
<i>Univ Dublin (IE)</i>	49	5	1	<i>Nanoscale</i>
<i>Univ College Cork Nat Universi (IE)</i>	32	1	1	<i>Nanowires</i>
<i>Univ Limerick (IE)</i>	5	2	1	<i>Nanocomposites</i>
<i>Rhone Poulenc Rorer SA (FR)</i>	4.384	7	2	<i>Nanoparticles</i>
<i>Univ Texas Tech (US)</i>	93	4	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>	90	6	1	<i>Nanocrystalline</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	1	<i>Nanostructured</i>
<i>Eastman Kodak (US)</i>	76.161	123	1	<i>Nanoparticles</i>

África do Sul

A África do Sul ainda não tem uma política explícita de nanotecnologia. A SANi (*South Africa Nanotechnology initiative*) foi estabelecida em 2002 e está em fase de prospecção e elaboração das estratégias de R & D, de informar a indústria local e saber quais as necessidades do país, bem como determinar as fontes de financiamento para pesquisa e desenvolvimento.¹⁸⁰ As metas da SANi são:¹⁸¹

- *To generate awareness of nanotechnology at all levels of government and industry;*
- *To enhance cross-disciplinary partnership among the South African science & technology community through networks;*
- *To enhance capacity building of nanotechnologies & nano sciences in South Africa to ensure a required critical mass;*
- *To facilitate Academia-Industry partnerships & knowledge transfer in nanotechnology.*

¹⁷⁸ Este é um valor estimado e não há um número final do número de pesquisadores trabalhando atualmente em nanotecnologia, como se observa ao longo do texto.

¹⁷⁹ A NTERA foi criada em 1997 pelo Prof. Donald Fitzmurice e é uma spin-out do departamento de química da University College Dublin. É uma companhia de nanomateriais que desenvolve *paper-quality display technologies*. O capital da empresa é de USD\$ 24.6 milhões. Fonte: ICSTI Statement on Nanotechnology. Irish Council for Science, Technology and Innovation, **2004**, no site http://www.forfas.ie/icsti/statements/icsti040714/icsti040714_nanotech_statement.pdf

¹⁸⁰ South African Nanotechnology Initiative gains momentum. **2004**, no site http://www.csir.co.za/plsql/ptl0002/PTL0002_PGE038_ARTICLE?ARTICLE_NO=7194520

¹⁸¹ Fonte: <http://www.sani.org.za/About/goals.asp>

- *To investigate new potential market opportunities for South African industry (focus on minerals) within the new emerging technologies;*
- *To act as a steering group and distribution body for government funding in nanotechnology.*

O gasto com S&T na África do Sul corresponde atualmente a USD\$ 162 milhões em 2004. Com a implantação do *Science and Technology for Competitiveness Program* em 2003 investiu-se USD\$ 51 milhões. No ano de 2003 foram fundadas algumas instituições pelo *Department of Science and Technology*, entre eles a *National Research Foundation* com USD\$ 58,8 milhões. Uma das principais preocupações do país é com a questão endêmica da AIDS, e vários projetos, científicos e sociais, são dirigidos ao controle da doença no país.¹⁸²

A África do Sul tem uma participação muito grande no FP6 (Framework Program 6) da União Européia, ficando atrás somente da Rússia entre os países não-europeus que recebem financiamento para seus projetos de pesquisa. No caso da África do Sul muito do que é aprovado se refere a projetos de pesquisa relacionados com a AIDS, que já somam mais de USD\$ 863 milhões. E atualmente há uma forte chamada aos pesquisadores para pleitear projetos na área de nanotecnologia também no FP6, como forma de fortalecer a pesquisa no país, com financiamento estrangeiro.¹⁸³

Foram recuperadas 44 patentes com a palavra-chave “nano” no EPO depositada na África do Sul, conforme apresenta a Tabela 34.

¹⁸² Department of Science and Technology. Annual Report 2003/2004. No site http://www.dst.gov.za/news/annual_report/annualreport0304.pdf

¹⁸³ Nanotechnology in the EU's Sixth Framework Programme: Opportunities for South Africa. No site <http://www.dst.gov.za/programmes/multilateral/ppt/nano.ppt>

Tabela 34. Principais depositantes de patentes em nanotecnologia na África do Sul.

Depositante	Nº total de patentes (África do Sul e exterior)	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na África do Sul	Palavras-chaves
<i>Texaco Development Corp (US)</i>	10.540	5	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>			2	<i>Nanoparticles Nanocrystalline</i>
<i>Mecagis (FR)</i>	20	5	2	<i>Nanocrystalline</i>
<i>Élan Corp PLC (IE)</i>			2	<i>Nanoparticles Nanospheres</i>
<i>Rhone Poulenc Chimie (FR)</i>	13.733	44	2	<i>Nanometric dimensions</i>
<i>Rhone Poulenc Rorer (FR)</i>			2	<i>Nanoparticles</i>
<i>Procter & Gamble (US)</i>	67.367	59	1	<i>Nano-sized</i>
<i>Pharmasol (DE)</i>	15	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>L'Oréal (FR)</i>	29.261	104	3	<i>Nanoemulsion (s)</i>
<i>Virsol (FR)</i>	20	3	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Dow Chemical (US)</i>	44.592	43	3	<i>Nanosize Nanoscale Nanocomposite (s) Nanofiller</i>
<i>Ciba SC Holding AG (DE)</i>	7.796	12	2	<i>Nanodispersion (s)</i>
<i>Vesifact AG (DE)</i>	25	13	4	<i>Nanodispersion (s) Nanosuspensions</i>
<i>Hyperion Catalysis (US)</i>	341	50	2	<i>Nanotubes</i>
<i>UCB (BE)</i>	2.399	6	1	<i>Nanocapsules</i>
<i>Hoechst AG (DE)</i>	100.000	55	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Farmalyoc (FR)</i>	6	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	1	<i>Nano-structured</i>

Curiosamente a maioria das patentes depositadas na África do Sul são de empresas depositárias no Brasil, com as mesmas palavras-chaves. Isto se compreende devido a dois fatos:

1) tal como o Brasil, a África do Sul tem uma indústria química importante (destacando-se a Sasol), com forte presença de capitais nacionais e com tecnologias indígenas;

2) tal como o Brasil, a África do Sul não tem uma indústria importante de equipamentos para as tecnologias da informação.

Programas supranacionais

Comunidade Européia

A Comunidade Européia tem um programa principal de incentivo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Nanotecnológico,¹⁸⁴ que é o FP6¹⁸⁵. Seu prazo é de 2002 a 2006 e se trata de um programa abrangente de fomento à pesquisa e desenvolvimento tecnológico, contribuindo expressivamente para projetos com ênfase em nanociência e nanotecnologia. Recursos provenientes desse programa podem ser solicitados por todos os países, entretanto diferentes regras são aplicadas a cada grupo de países (veja Tabela 35).

Tabela 35. Regras estabelecidas pelo FP6 para diferentes grupos de países.

Participant's country of establishment	Participation	Financing
European Union Member States ⁶ , Joint Research Centre)	No restriction	No restriction
Associated Candidate Countries ⁷	No restriction	No restriction
Other Associated Countries ⁸	No restriction	No restriction
International organisations of European interest	No restriction	No restriction
Russia, New Independent States, Mediterranean Countries, Western Balkans, Developing countries	No restriction over and above the minimum consortium composition	Within the limits of the budget available for specific measures in support of international co-operation
Third countries having a co-operation agreement ⁹	No restriction over and above the minimum consortium composition	If Community contribution is necessary and foreseen by the Work Programme
Other third countries	If participation is foreseen or if it is necessary for carrying out the project	If Community contribution is foreseen by the Work Programme or if it is essential for carrying out the project
Other international organisations	No restriction over and above the minimum consortium composition	If Community contribution is foreseen in the work programme or if it is essential for carrying out the

O programa FP6 é o sucessor dos programas FP5¹⁸⁶ (1998-2002) e FP4¹⁸⁷ (1994-1998). Seu objetivo estratégico é fortalecer científica e tecnologicamente as indústrias de forma a aumentar sua competitividade internacional. O Programa FP6 priorizou *integrated programas e networks of excellence*. O orçamento total desse programa é de USD\$ 6 bilhões, sendo que o orçamento previsto para projetos em nanotecnologia é de USD\$ 1,6 bilhões de dólares.

¹⁸⁴ The Sixth Framework Programme (<http://www.cordis.lu/fp6>).

¹⁸⁵ Sixth Research and Technological Development Framework Programme

¹⁸⁶ Fifth Research and Technological Development Framework Programme

¹⁸⁷ Fourth Research and Technological Development Framework Programme

O número total de projetos submetidos ao FP6 por país nos diversos temas relacionados à nanotecnologia é um indicador de atividade dos vários países nas diversas áreas nanotecnológicas¹⁸⁸. Essas informações são importantes para que os investidores identifiquem as potencialidades nanotecnológicas locais na Europa e estão resumidas a seguir:

- *Life science, genomics and biotechnology for health: Sweden, Denmark, Belgium, the Netherlands and the United Kingdom*
- *Information society technologies: Sweden, Norway, Belgium, Finland and Spain*
- *Nanotechnologies and nanosciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices: Finland, Sweden, Belgium, the Netherlands and Austria*
- *Aeronautics and space: Belgium, Sweden, France, Greece and the United Kingdom*
- *Food quality and safety: Denmark, Belgium, Sweden, the Netherlands and the United Kingdom*
- *Sustainable development, global change and ecosystems: Sweden, Norway, Denmark, the Netherlands and Austria*
- *Social aspects of nanotechnology (health, quality life, science education, science and society): Belgium, Austria, France, Denmark and the Netherlands.*

Nota-se a ausência da Alemanha, o que indica que estes resultados mostram apenas quais são os países que mais solicitaram recursos da comunidade europeia por setor nanotecnológico, ou seja, os que têm mais oferta de serviços de pesquisa e maior demanda por recursos, como a Suécia e Bélgica. Por outro lado, a alta demanda de recursos ao FP6 também pode ser o fruto de uma falta de investimento dos respectivos programas de pesquisa nacionais no setor nanotecnológico. De acordo com o relatório inglês¹⁸⁹ os países europeus que mais investem em nanotecnologia são: Alemanha, Suíça e Reino Unido.

Os resultados concretos dos investimentos da comunidade europeia e programas nacionais no setor nanotecnológico são avaliados em função de publicações científicas, aplicações de patentes e transferência de tecnologia para os setores industriais.

Um exemplo de como os recursos obtidos pelo programa FP4, anterior ao FP6, foram alocados aos diversos programas de pesquisa em nanotecnologia é mostrado na Tabela 36¹⁹⁰.

Tabela 36. Fundos estimados para nanotecnologia no FP4.

¹⁸⁸ European Nanobusiness Association: How Nano is Europe? An analysis of Nanotechnology-based Expressions of Interest in the Sixth Framework Programme (<http://www.nanoeurope.org/publications.htm>).

¹⁸⁹ Worldwide Government Policy and Initiatives in nanotechnology 2004 (<http://www.nano.org.uk/govtcontents.pdf>).

¹⁹⁰ Malsh, I.; Nanotechnology in Europe: scientific trends and organizational dynamics, Nanotechnology (10) 1999, 1-7.

Programme ^a	Budget (in million ECU) ^b
ESPRIT long-term research: Advanced Research Initiative in Micro-Electronics (ARI-MEL)	11 + 5 to be allocated + 0.8 for networking (3 years)
BRITE/EURAM	≈ 8 (for three years)
Standards, Measurement and Testing (SMT)	> 0.6
BIOMED (biomedical technologies)	In the order of 5 (three years)
BIOTECH (biotechnology) structural biology	In the order of 10 (three years)
Training and mobility of researchers (fellowships, research networks and euroconferences)	Substantial, but not targeted to nanotechnology
Joint Research Centre	≈ 0.8 per year in 1996, with a foreseen rise in later years
ENV2C (environment)	Minor
JOULE/THERMIE (energy)	Minor
CRAFT for SMEs (small and medium enterprises)	Minor

^a The INTAS programme, dedicated to fostering collaborations of researchers from the EU with the countries of the former Soviet Union, has also funded some research on nanotechnology, according to one of the respondents in the survey.

^b Information collected in August 1996.

Com base na exigência de que os grupos que solicitem recursos ao FP6 sejam de localidades diferentes e preferencialmente organizados na forma de *integrated programmes e networks of excellence* muitos grupos europeus se organizaram na forma de redes. Os *European networks in nanoscience* mais conhecidos são mostrados nas Tabela 37.

Tabela 37. *European research networks.*

Network	Area of research
PHANTOMS (ESPRIT, EU, since 1992)	Mesoscopic physics and technology
NANO (ESF, since 1995)	Aerosol based nanostructured materials for sustainable energy production
ECME (COST chemistry D4, 1992–1998)	Molecular electronics
Molecular materials and functional polymers for advanced devices (COST materials 518)	Materials

Network	Area of research
SBIP (structural biology industrial platform, BIOTECH, EU, since 1997)	Structural biology, including some work on linking with nanotechnology
EuSPEN (BRITE/EURAM, EU, since 1998)	Precision engineering
ECNM (COST action 523, in preparation since 1997)	Nanostructured materials
Supramolecular chemistry (COST chemistry D8, 1998–2003)	Supramolecular chemistry
COST <i>ad hoc</i> working group nanosciences (since 1998)	Horizontal, intergovernmental coordination of national research strategies at European level
Nanoscience for Nanotechnology (TMR, EU, 3 conferences in 1998–2000)	Horizontal coordination of research, fostering smaller clusters of researchers on individual topics

Casos de atividades internacionais

A natureza pervasiva da nanotecnologia e a multiplicidade de competências exigidas pelos projetos têm originado muitas iniciativas de cooperação internacional, das mais variadas naturezas.

¹⁹¹ Communication of the European Commission: "Towards a European strategy for nanotechnology (<http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/communication.htm>).

¹⁹² Seventh Research and Technological Development Framework Programme

Algumas são especialmente interessantes:

- 1) Em Taiwan, o NST vai destinar U\$23,2 bilhões para programas de colaboração internacional em nanotecnologia com instituições estrangeiras durante os próximos cinco anos.¹⁹³
- 2) Em outubro de 2003 a Malásia abriu a InventQjaya¹⁹⁴, um laboratório de R & D criado como uma joint-venture pelo governo da Malásia e a empresa Reveo, uma incubadora de tecnologia do estado de New York (USA).
- 3) Um desenvolvimento complexo é o do acordo entre a Itochu Corp. e o governo do estado do Novo México, nos Estados Unidos. O acordo prevê que a Itochu vai colaborar com os laboratórios nacionais de Sandia e Los Alamos e também com a Universidade do Novo México, a New Mexico Tech and New Mexico State University.¹⁹⁵ *"Itochu plans to invest in companies and venture funds, create licensing and distribution agreements and form collaborations with research facilities to bring new technology to the global market. Itochu's primary areas of interest are nanotechnology and biotechnology, which it said are two of New Mexico's strong research areas, he said. ``This is an important step that will allow New Mexico to convert the \$6 billion dollars of research and development in our state into new jobs, new products and new companies," declarou o Gov. Richardson, who was in Tokyo, said in a statement. The agreement resulted from four meetings over 17 months between the state's Economic Development Department and Itochu, both in New Mexico and Japan. Officials from Itochu visited New Mexico in April for briefings by representatives of the labs and universities."*¹⁹⁶
- 4) Em abril de 2004, um dos principais laboratórios nacionais do Japão, o *National Institute for Materials Science* (NIMS) lançou o ICYS, *International Center for Young Scientists* project, destinado exclusivamente a atrair pesquisadores estrangeiros.¹⁹⁷

¹⁹³ Fonte: <http://web2.innovationworld.nite/biotechconnect/000342.html>

¹⁹⁴ Fonte: <http://www.inventqjaya.com>

¹⁹⁵ JAPANESE FIRM, STATE OF NEW MEXICO SIGN DEAL TO COMMERCIALIZE TECHNOLOGY. Small Times, 15/06/2004, no site www.smalltimes.com

¹⁹⁶ Leia mais no tópico Sistemas Corporativos.

¹⁹⁷ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22/06/2004, no site www.smalltimes.com

Atividades de Empresas

As estratégias e atividades de empresas de vários países, especialmente os que não são usualmente considerados como "países-chaves", já foram descritas nos capítulos relativos a cada país.

No caso dos países-chaves, as atividades de empresas já são extremamente vultosas e globalizadas. Por essa razão a sua análise foi feita usando-se principalmente as informações dos bancos de patentes, além do noticiário técnico e econômico em boletins, publicações abertas e Internet.

Esta análise, associada à análise de dados nacionais, produz algumas conclusões:

- 1) **Não existe uma "indústria de nanotecnologia"**, análoga às indústrias têxtil, automobilística, siderúrgica, eletrônica, etc. A discussão de curvas de crescimento em S, que se observa em alguns documentos, carece de qualquer sentido.
- 2) A nanotecnologia é **pervasiva**, ela interessa a todos os setores da economia, incluindo agricultura, extração mineral, indústria e serviços. Dentro de qualquer empresa, um novo desenvolvimento tecnológico pode impactar vários produtos e processos.
- 3) Os principais setores industriais de aplicação da nanotecnologia serão justamente os maiores setores da indústria atual: **química e micro(nano)eletrônica**. Isso resulta da natureza do conhecimento nanotecnológico e do porte dessas indústrias, em escala global.
- 4) As **taxas de crescimento** esperadas para os produtos nanotecnológicos dos vários setores industriais são **muito superiores** às taxas médias de crescimento da economia.
- 5) **Já há muitos produtos nanotecnológicos no mercado** e novos produtos estão sendo introduzidos em ritmo acelerado. Estes produtos são resultados de desenvolvimento incremental que já vinha ocorrendo sob outras denominações que não a de nanotecnologia. Isso demonstra que a nanotecnologia não começou em uma data definida e que ela não obedece a nenhuma hierarquia intelectual estrita.¹⁹⁸
- 6) Todos os setores industriais esperam da nanotecnologia **respostas para demandas** que não foram ainda satisfeitas, especialmente devido à falta de materiais adequados.
- 7) Há empresas que identificam como nanotecnológicos produtos que outras empresas não identificam desta forma. Estes casos demonstram que, frequentemente, nanotecnologia é uma questão de **linguagem**, mais do que de real novidade conceitual.
- 8) Alguns produtos classificados como **biotecnológicos** podem ser classificados também como nanotecnológicos, e vice-versa.
- 9) Há expectativas de **criação de muitos empregos novos** (cerca de 2 milhões em 10 anos) mas também da **extinção de muitos empregos** devido à substituição de produtos e processos.

Portanto, **a nanotecnologia é pervasiva e empresas de todos os setores industriais estão desenvolvendo produtos nanotecnológicos, embora algumas optem por não identificá-los como tal. O crescimento previsto para os mercados**

¹⁹⁸ Para ser absolutamente claro: a vinculação da criação da nanotecnologia à visão de um personagem muito respeitável, como Feynman, e vinculação da sua expansão à visão de um personagem muito discutível, como Drexler, desrespeitam a história da nanociência e nanotecnologia.

destes produtos é muito superior ao crescimento de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares. As aplicações atuais de nanotecnologia e as que estarão atingindo os mercados nos próximos anos são evolucionárias, mais do que revolucionárias, estando concentradas nas áreas de *determinação de propriedades de materiais, produção química, manufatura de precisão e computação*.¹⁹⁹ Espera-se o aparecimento de aplicações revolucionárias, a médio e longo prazo.

Patenteamento em nanotecnologia

Praticamente todas as grandes empresas inovadoras já incorporaram aos seus portfólios algumas patentes nanotecnológicas, como apresenta a Tabela 38.

Tabela 38. Grandes empresas que depositam patentes em nanotecnologia.

Empresa	Nº total de patentes	Nº de patentes em nano*
Procter & Gamble	74.242	59
L'Oreal	29.195	103
Honeywell ²⁰⁰	37.713	39
Rohm and Haas	21.003	48
Dow Chemical	53.056	32
Eastman Chem.	5.101	23
Rhodia Chimie	1022 ²⁰¹	28
Solutia ²⁰²	514	10
Bayer AG ²⁰³	>100.000	57
Nederland Org Toeg-TNO	3479	8
Intevep	924	5
Shell International Research ²⁰⁴	149/65874*	6/15*
Osmonics	58	2
IBM ²⁰⁵	>100.000	175
Hewlett-Packard ²⁰⁶	38.679	64
Intel ³²	17.344	20
Motorola	56.885	51
Siemens ³²	>100.000	39
Samsung ³²	>100.000	116
ITRI (TW)	7.622	60
Bridgestone Corp. ²⁰⁷ (JP)	23.438	8
Fuji Photo	>100.000	32

¹⁹⁹ Não existe, neste momento, nenhuma possibilidade razoavelmente bem definida para o uso de nanomáquinas capazes de fabricar materiais montando-os átomo por átomo, apesar destas máquinas ocuparem muito espaço nos textos e na imaginação de divulgadores.

²⁰⁰ Embora a Honeywell seja mais conhecida pela sua atuação no setor eletro-eletrônico, ela realizou recentemente investimentos no setor de fibras de nylon e adquiriu a Kolon (coreana), do setor de filmes especiais de nylon. Isto está ligado a uma estratégia de médio prazo que pode resultar em mudanças significativas em todo o setor de embalagens de alimentos, nos mercados ocidentais.

²⁰¹ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index, pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 83 patentes.

²⁰² A depositante do grupo Solutia no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca na base EPO foi feita apenas para esta empresa. Incluindo todas as empresas do grupo este número sobe para 914 patentes.

²⁰³ Todas as empresas do grupo estão incluídas.

²⁰⁴ Incluindo todas as empresas do grupo Shell.

²⁰⁵ A recuperação das patentes inclui também IBM com outras terminações, por exemplo: IBM Deutschland, IBM INTERNAT BUSINESS MACHINES.

²⁰⁶ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

²⁰⁷ Somente a Bridgestone Corporation, entre todas as empresas "Bridgestone", depositou patentes em nanotecnologia.

Canon	>100.000	36
Hitachi ²⁰⁸	>100.000	101 ²⁰⁹
Mitsubishi ²¹⁰	>100.000	99
Matsushita Electric	100.000	51
General Electric (US)	100.000	22
LG (KR) ²¹¹	69.385	78
Kolon (KR)	2.702	5

Por outro lado, há certamente empresas importantes que depositam patentes em assuntos de nanotecnologia, mas não usam palavras-chaves indicativas. Um caso bem definido é o de uma grande empresa de cosméticos, a Shiseido (JP). Essa empresa não tem patentes contendo palavras-chaves em "nano", ao contrário da L'Oréal, do mesmo setor. Entretanto, o número de patentes da Shiseido em *titanium oxide* [26], *zinc oxide* [19], *particles* [23] e *ultraviolet absorber* [36], que são também palavras-chaves dominantes no portfólio da L'Oréal, soma 104 patentes (contra 101 da L'Oréal). Portanto, a diferença entre os portfólios das duas empresas está na nomenclatura usada por cada empresa e não nos seus conteúdos.

Extensão de patentes para outros países

O exame do processo de extensão de patentes para outros países, realizado pelas empresas, é muito revelador, como se observa examinando patentes estendidas por empresas, para Taiwan e para o Brasil, apresentadas nas Tabelas 27 e 40.

Portanto, os maiores depositantes de patentes em Taiwan são empresas dos setores de TI/eletrônica e químico. Entre essas, só depositaram patentes no Brasil a Exxon e a Eastman Kodak.

Por outro lado, foram estendidas para o Brasil mais de duzentas patentes por empresas estrangeiras, que representam 90% do total de patentes usando palavras-chaves "nano" depositadas no INPI e estão resumidas na Tabela 40.

Tabela 39. Patentes depositadas no INPI por empresas estrangeiras, organizadas segundo a maior frequência de patenteamento.

<i>Termo</i>	<i>Empresas</i>
Nanocompósitos/ Nanocompósita [27]	Rohm & Haas [4], Solutia [4], Eastman Chemical [4], Nederlandse Organisatie Voor Toegespast - TNO [3] (instituto de pesquisas tecnológicas, privado), Dow Chemical [2], Vantico ²¹² [1] (setor químico), Exxon Research [1], Exxonmobil Chemical Patents [1], Basell [1], Nalco [1], Xerox [1]

²⁰⁸ Inclui várias empresas, Hitachi Metals, Hitachi Chemical, Hitachi Science, etc.

²⁰⁹ As empresas do grupo Hitachi que patenteiam em nano são: Hitachi Metals [33], Hitachi Ltd [22], Hitachi Europe [20], Hitachi Software Eng [10], Hitachi Chemical [4], Hitachi Global Storage Technol. [3], Hitachi Device Eng [1], Hitachi Instruments Service [1] e Hitachi Maxwell [1]. A Hitachi Global Storage Technology é uma empresa nova criada pela Hitachi e IBM em 2003. Há duas patentes desta empresa com a palavra-chave "nanocrystalline", que se referem à fabricação de filmes finos magnéticos utilizados em disk drive contendo camada de CrTi nanocristalino. Site www.hgst.com

²¹⁰ As empresas do grupo que patenteiam são: Mitsubishi Rayon [6], Mitsubishi Chemical [21], Mitsubishi Materials [7], Mitsubishi Gas Chemical [8], Mitsubishi Electric [7], Mitsubishi Heavy [5] e Mitsubishi Cable [2].

²¹¹ As empresas patenteadoras são: LG Electronics [50], LG Chemical [10], LG Household and Health Care [3], LG Semicon [3], LG Chem Investments [2] e LG Philips Displays [1].

²¹² A Vantico foi comprada pelo Grupo Huntsman (maior companhia química "private" do mundo com faturamento bruto anual de \$9,5 bilhões, formando uma companhia chamada Huntsman Advanced Materials. Fonte: <http://www.huntsman.com>

Nanocristalino/ Nanocristal [15]	Procter & Gamble [4], Minutia [2] (Canadense, nanoeletrônica), Cytec Technology [1] (Americana- química e materiais), Eurand [1] (Italiana, farmacêutica), Fraunhofer-Gesellschaft [1] (Alemanha-Instituto de tecnologia privado), Hydro Québec [1] (Canadense, energia), Imphy Uguine Precision ²¹³ [1] Siderúrgica, RSO [1] (Sueca-eletrônica), Spectra Systems [1], ²¹⁴ Westain Biomedical [1], Xerox [1]
Nanofiltração/ nanofiltragem [17]	Osmonics ²¹⁵ [2]- tratamento de água, Shell [2], Applexion ²¹⁶ [1], Dow Chemical [1], Dow Deutschland/Dow Danmark [1], Henkel [1], Kvaerner Chemetics [1], Procter & Gamble [1], Proras ²¹⁷ [1] (italiana-engenharia), Queensland Alumina [1], Tate & Lyle Industries [1], Zenon ²¹⁸ [1] (canadense- fabricação de membranas para filtração).
Nanômetros [13]	Colgate-Palmolive [1], Dow Corning [1], Hyperion Catalysis [1], La Roche [1], L'Oreal [1], Ovonic Battery ²¹⁹ [1] (Americana-fabricante de baterias de níquel), PPG [1], Procter & Gamble [1], Rhône-Poulenc Specialty [1], Rohm & Haas [1], Saint-Gobain Ceramics e Plastics [1]
Nanopartículas [38]	Intevep [3] (venezuelana- petroquímica), Procter & Gamble [3], Bayer [2], Rhodia Chimie [2], Vivorx [2] Americana -farmacêutica

²¹³ Aço inoxidável e ligas ferro-níquel.

²¹⁴ Spectra Systems Corporation is a materials and systems company with a growing number of patented platform technologies. The company has developed and commercialized a number of new and unique product solutions for the coding, authentication, marking, tracking and sensing markets. Spectra Systems manufactures and markets its products to industries that include brand authentication, document and mail processing, drug discovery, textile services, digital optical media and product manufacturing. Fonte: <http://www.spsy.com/>

²¹⁵ Osmonics is now GE Osmonics, part of GE Water Technologies. The GE Water Technologies mission is to be recognized as the world's best supplier of engineered chemical and mechanical treatment programs for water and process systems. Fonte: <http://www.gewater.com>

²¹⁶ Applexion develops purification processes, builds the corresponding systems, installs them and guarantees their performance. Applexion joined GROUPE NOVASEP (Pompey, France) in April 2004. GROUPE NOVASEP is a world leader in purification solutions, in a broad sense, for the pharmaceutical industry. GROUPE NOVASEP is also involved in the production of APIs (Active Pharmaceutical Ingredients). Fonte: <http://www.applexion.com>

²¹⁷ Proras is an Engineering Company committed since 1984 to Planning and Construction of Process for the Civil, Mechanical and Industrial engineering Industry. Thanks to our highly qualified and experienced personnel we always achieve the best technical and operative results. Our main fields are Industrial Engineering and Planning, to which we have recently added a new Research and Development Department in order to increase our new Industrial Technology Applications, thus acquiring licenses for technologies of particular interesting characteristics. The prevention of environmental impact, the optimization of procedures and lowering operative and production costs become the main target of New Tech Department, constantly dedicated to the research of solutions for industrial processes. Fonte: <http://www.proras.it/>

²¹⁸ ZENON Environmental is a world leader in immersed membrane technology, providing solutions for municipalities, industries, land development and emergency applications. www.zenonenv.com

²¹⁹ Ovonic Battery Company is the leading developer of advanced materials for NiMH batteries.

²²⁰ Securrency Pty is the recognised world leader in polymer substrate technology and the supplier of a range of unique substrates which are used for the printing of banknotes and other security documents. Formed in 1996, Securrency is a joint venture between the Reserve Bank of Australia (RBA), Australia's central bank, and UCB, a Belgian multi-national films, chemicals and pharmaceuticals company. Fonte: <http://www.securrency.com.au/>

²²¹ Yeda Research and Development Company Ltd. is the commercial arm of the Weizmann Institute of Science, Israel's leading center of research and graduate education. The Institute's activities range across the spectrum of contemporary science. Yeda holds an exclusive agreement with the Institute for the marketing and commercialization of new developments emerging from the Institute's laboratories. Fonte: <http://yeda.weizmann.ac.il/>

²²² Flamel Technologies is a drug delivery company with expertise in polymer chemistry. Fonte: <http://www.flamel-technologies.fr/>

	<p>Cornerstone Pharmaceuticals [1], Eurand [1] (italiana- farmacêutica), Securency Pty220 [1] (australiana), Yeda²²¹ [1] Israelense, Virsol [1] Francesa-biotecnologia, Flamel²²² [1] Francesa- biotecnologia farmacêutica, Novavax [1] Americana-farmacêutica, Asea Brown²²³ [1] Alemanha/Suíça, Rhone Poulenc Chimie [1], Rhone Poulenc Rorer [1], Nycomed [1] Dinamarca – farmacêutica, 3M Innovative Properties [1], Merck Patent [1], Texaco Development [1], Crompton [1], Givaudan [1], Degussa [1]</p> <p>Basf Coatings [1], Biomedical [1], Pharmasol [1], ATO BV²²⁴ [1] holandesa-instituto de tecnologia</p>
--	---

Portanto, os maiores depositantes no Brasil, em nanotecnologia, são:

L'Oreal: 19 patentes (**nanopigmentos** [9], **nanoemulsões** [8] e **nanocápsulas** [2])

Procter & Gamble: 11 patentes (**nanocristalino** [4], **nanopartículas** [3], **nanofiltração** [1], **nanomêtro** [1], **nanoporoso** [1] e **tamanho nano** [1]).

Rhodia Chimie com 9 patentes (**nanofibrilas** [5], **nanopartículas** [2], **nanométrico** [1], **nanofibras** [1]).

Dow Chemical com 7 patentes (**nanocompósitos** [2], **nanofiltração** [1], *pó nanoescalar* [1], **nanocompostos** [3]).

Bayer com 6 patentes (**nanopartículas** [2], **nanométricas** [1], **nanoescala** [1], **nanoestruturado** [1], **escala nano** [1]).

Rohm and Haas com 5 patentes (**nanocompósitos** [4] e **nanômetros** [1]).

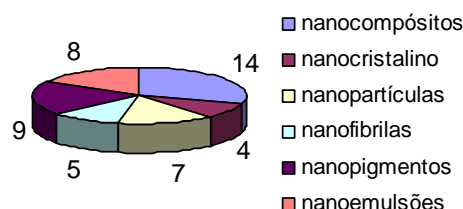
Eastman Chemical e *Solutia* com 4 patentes, todas em **nanocompósitos**.

A comparação entre os padrões de patenteamento no Brasil e em Taiwan também pode ser feita usando as palavras-chaves das patentes depositadas no Brasil e em Taiwan, como está mostrado nos dois quadros constantes da Figura 17.

²²³ ABB is a leader in power and automation technologies that enable utility and industry customers to improve performance while lowering environmental impact. The ABB Group of companies operates in around 100 countries and employs around 115,000 people. Fonte: <http://www.abb.com/>

²²⁴ ATO, Agrotechnological Research Institute: Agrotechnology & Food Innovations has a great variety of research facilities and equipment, that range from lab scale to semi-industrial (pilot) scale. As a result the institute is able to optimise new technologies and products, and to offer tailor-made solutions to industries. Agrotechnology & Food Innovations' contract partners can be found, among others, in the food industry, the chemical industry, the pharmaceutical industry, the motor-car industry, the industries manufacturing building materials, the paper-making industry, retailers, auctions, transport companies, the European Commission and national authorities. www.ato.wageningen-ur.nl

Palavras-chaves de maior incidência nas patentes das maiores empresas estrangeiras depositantes no Brasil



Palavras-chaves de maior incidência nas patentes das maiores empresas estrangeiras depositantes em Taiwan

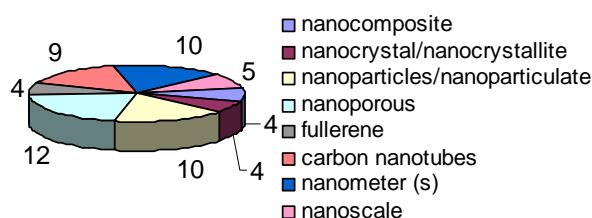


Figura 17. Padrões de patenteamento no Brasil e em Taiwan.

A palavra-chave de maior incidência nos dois casos é "nanocompósito", o que é muito lógico. Por outro lado, as palavras-chaves fortemente associadas à microeletrônica (*fullerene*, *nanotube*, *nanoporous*) que são importantes em Taiwan não incidem no Brasil.

O padrão de patenteamento na África do Sul, que tem uma indústria química muito inovadora, mas não tem indústria de TI importante, é semelhante ao do Brasil. Um terceiro caso diferenciado dos dois anteriores é o de Israel, para o qual os dados apresentados na Tabela 32 mostram uma incidência elevada de patentes depositadas por empresas estrangeiras do setor de farma e saúde e uma quase ausência de grandes grupos industriais, dos quais só a Hoechst e a 3M estão presentes.

Estes três casos revelam, sem surpresa alguma, que as estratégias empresariais de desenvolvimento nanotecnológico estão fortemente vinculadas às suas estratégias de acesso e preservação de mercados.

Por outro lado, há vários países em que o patenteamento endógeno é dominado por instituições de pesquisa e universidades, entre eles os "BRICS", Brasil, China e Índia.

Áreas Prioritárias

O exame dos portfólios de patentes e das tendências de extensão das patentes permite que se identifiquem os tópicos e temas que reúnem as maiores expectativas de aplicação prática em nanotecnologia em todo o mundo. Essa identificação vale também para o Brasil mas aqui, como em qualquer outro país, ela deve ser analisada considerando-se a matriz industrial do país.

Para evitar repetições e redundâncias, é muito aconselhável reler-se a descrição organizada dos objetivos e estratégias do ITRI, de Taiwan.

No ITRI, *"Research and development of platform technology is focused on the syntheses and characterizations of nanomaterials with 0 up to 3 dimensions, and their fabrication processes and application technologies through basic studies on the surface effect and the quantum effect arising from nanometer scale:*

- *Nano powder: nanoparticles of metal/compound, nanopolymers powder and carbon nanocapsules.*
- *Nanotemplates: developing highly uniformly distributed nanotemplates, 1D nanomaterials, multi-component nanomaterial templates, precision block copolymer, polymers and carbon templates.*
- *Self-assembly nanostructure: developing ceramic substrate surface self-assembly nanomaterials, self-assembly electrode materials with nanocatalyst, self-assembly of photonic crystals, self-assembly polymers and supramolecules.*
- *Nanocomposites: developing nanopore composite materials, synthesis of polymeric optical display substrate material, nanostructural surface components, polymer and clay organic-inorganic nanocomposites, embedding and filling technologies.*
- *Nanostructural characteristics and process simulation technologies: establishing simulation technologies for nanoparticles of metal/compound, quantum effects and formation of carbon nanotubes, and nanofilm coating and heat treatment, etc.*²²⁵

ITRI will prioritize those nanotechnologies, which can be commercialized in less than 3 years, and will establish the mechanism for innovative and pioneering researches for the traditional industries. The following key technologies belong to this category:

- *Nanoparticle technology: organometallic precursor, Sol-Gel redox reaction, oxygen-solid nanoparticle technology.*
- *Nano polymers: chemical/molecular self-organization.*
- *Nano bulk materials/composites/porous materials: nano crystalline phase, organic-inorganic hybrid stabilized template control.*
- *Applied technologies for nano functions: dielectrics, conductivity, low activation energy, fireproof, UV absorption, far infrared, oil-proof, waterproof and light adjustment."*

Estratégias que serão usadas são as seguintes: *Survey of the commercial opportunities and needs for traditional industries will be performed. Based on the existing Market Data Bank to select core products/technologies for research and development, the domain knowledge of which can be easily combined with nanotechnology applications to have faster commercial outcome and also bigger*

²²⁵ Fonte: site www.itri.org.tw

industrial impact. A series of conferences and forums will be organized to explore the commercial opportunities for nanotechnology applications, and to have dialogue with the industries and academia in order to shed some light on the applied researches of nanotechnology and to assure incessant input/output mechanisms.

ITRI will initiate industrial participations in the development of core nanotechnology, and will promote the product commercialization by private enterprises through funding and incentives offered by the government."

Muitos dos sistemas e tópicos apontados no documento do ITRI são hoje temas de pesquisa no Brasil. É notável a percepção de imensas oportunidades em setores industriais tradicionais, que formam hoje grandes demandas sem uma oferta adequada de produtos ou de tecnologia e que poderão beneficiar-se ou já estão se beneficiando dos conceitos e ferramentas da nanotecnologia, ao lado da percepção de possibilidades de mudanças revolucionárias em produtos e processos de todos os setores da economia.

O número total de patentes depositadas no INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial²²⁶ em nanotecnologia é de 231 de acordo com a Tabela 43. Do número total de patentes recuperadas, 19 são de inventores brasileiros, sendo que destas 11 são de instituições públicas. As demais são divididas entre empresas (3) e pessoas físicas (5).

As patentes depositadas pelas instituições públicas, universidades, empresa e particulares estão reunidas na Tabela 44.

Tabela 40. Número de patentes depositadas e recuperadas por termo (palavra-chave) no INPI (Hifenização e separação de palavra foram considerados na pesquisa).

Termo (palavra-chave)	Nº de patentes	Termo (palavra-chave)	Nº de patentes
Bionanotecnologia/ nanobiotecnologia	0	Nanogota (s)	0
Escala nano	3	Nanogrão	0
Fulerenos	8	Nanogruppo (s)	1
Ilhas quânticas	0	Nanohíbrido (s)	0
Nanoalimento	1	Nanoindentação	0
Nanoargila	1	Nanolitografia	0
Nanobastão	0	Nanomaterial (ais)	0
Nanobiologia	0	Nanomedicina	0
Nanocápsula (s)	7	Nanométrica (o) (s)	7
Nanocatalisador (es)	0	Nanômetro (s)	13 ²²⁷
Nanociência	0	Nanometrologia	0
Nanocomposição	1	Nanomicrons	1
Nanocompósita (s)	6	Nanomodelo	0
Nanocompósito (s)	25	Nanopadrão	0

²²⁶ Fonte: INPI, dados extraídos do site www.inpi.gov.br

²²⁷ Com a palavra-chave “nanômetros” foram recuperadas 27 patentes, mas uma análise detalhada do conteúdo de 14 dessas patentes mostra que esta palavra aparece no texto apenas para indicar as unidades de comprimento de onda da luz. Estas 14 patentes se referem a processos ou formulações de vidros e dispositivos fotocrômicos que absorvem radiação luminosa, cujo comprimento de onda é medido em nanômetros. Esta observação também mostra que a PPG Industries dos Estados Unidos, uma das maiores depositantes de patentes (10) no Brasil, segundo a “Prospecção em Nanotecnologia” elaborada pelo SIQUIM, não está explicitamente envolvida em processos de nanotecnologia, embora os resultados relativos à obtenção de cromóforos dependam implicitamente da construção de unidades em escala nanométrica.

Nanocompostos	9	Nanopartícula (s)	38
Nanocristalino (a)/nanocristal (ais)	19	Nanoparticulado (s)	1
Nano-dimensionada (s)	2	Nanopeneira (s)	0
Nanodispersão (s)	2	Nanopeptídio	1
Nanodispositivo (s)	1	Nanopigmento (s)	9
Nanodrogas	0	Nanoporoso/nanoporosidade	1
Nanoeletrodo (s)	1	Nano-pó (s)	1
Nanoemulsão (s)	9	Nanorede (s)	0
Nanoeletrônicos/nanoeletrônica	0	Nano-sistema (s)	1
Nanoengenharia	0	Nanosol	1
Nanoescala	7	Nanotamanho	0
Nanoesfera (s)	3	Nanotecnologia	3
Nanoestrutura (s)	5	Nanotribologia	0
Nanoestruturado (a) (s)	4	Nanotubos de carbono	4
Nanoestruturação	1	Nanotubos	8
Nanofabricação	0	Pó nanoescalar	1
Nanofase	1	Pontos quânticos/fios quânticos	2
Nanofibra (s)	5	Quantum dot (s)	0
Nanofibrila (s)	5	Quasicristalinas	1
Nanofiltração/nanofiltração	17	Sistema nanoeletromecânico	0
Nanofiltro (s)	0	Tamanho nano/ nanométrico	2
Nanofita (s)	0	Spintrônica	0
Nanofotônico	0		
Nanogel	2	Total	231

O número total de patentes recuperadas, 231, inclui patentes que são citadas mais de uma vez com diferentes termos de busca.

Tabela 41. Patentes depositadas no INPI por instituições nacionais, empresas e particulares.

Instituição	Inventor	Palavra-chave	Título	Número
Unicamp/ Rhodia Ster	Maria de Fátima B. Souza e Fernando Galembeck ²²⁸	nanocompósitos	Fabricação triboquímica de nanocompósitos híbridos de poliéster com argilas	PI0201487
Unicamp	Ana F. Nogueira e Marco A. de Paoli	nanocristalino	Célula solar de TiO ₂ nanocristalino sensibilizado utilizando eletrólito polimérico sem solvente	PI0101013
Unicamp	Marcelo M. M. de Azevedo, Amanda F. Oliveira e Néilson Eduardo Durán Caballero	nanoesferas	Processo de obtenção de micro e nanoesferas de poli (E-caprolactona) na incorporação de isoniazida, composto com atividade antimocobacteriana.	PI0204125
Unicamp	Sembukuttiarachilage R. P. Silva, Rodrigo G. Lacerda, Chun H. P. Poa e Francisco C. Marques	nanoestruturado	Processo de obtenção de sensores de pressão e fontes de elétrons à base de carbono e controlados por pressão, e material de carbono obtido para confecção dos dispositivos.	PI0203947

²²⁸ Há outra patente relacionada a nanocompósitos, mas que não usa terminologia de nano: “PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ADESIVO PARA SUPERFÍCIES DE VIDROS, CERÂMICAS, ALVENARIAS E PLÁSTICOS À BASE DE LÁTEX DE BORRACHA NATURAL MODIFICADO POR POLIFOSFATO”. Autores: Márcia M. Rippel e Fernando Galembeck. PI 0102823.

UFRGS	Teresa C. T. D. Costa, Adriana R. Pohlmann, Valquiria L. Bassani, Claudia R. Muller e Silvia S. Guterres	nanoesferas e nanocápsulas	Processo de secagem de suspensões coloidais de nanocápsulas e nanoesferas poliméricas por aspersão	PI9906081
UFRGS	Elfrides E. S. Schapoval, Silvia S. Guterres, Amélia T. Henriques e Cristiane S. Rauber	nanocápsulas	Composições farmacêuticas para o tratamento de afecções cutâneas causadas por cândida SPP e fungos dermatófitos e uso do óleo volátil de <i>C. citratus</i> nas ditas composições.	PI0203521
UFMG	Daniela C. L. Vasconcelos e Wander L. Vasconcelos	nanocompósitos	Processo para fabricação de compósito metal/recobrimento preparado via sol-gel e compósito metal/recobrimento	PI0202188
UFSergipe	José M. Sasaki, Marcelo A. Macêdo	nanoparticulados	Processo de fabricação de pós particulados	PI020003876
ITI	Francisco T. Degasper, Victor P. Mammana e Aristides P. Filho	nanotubos de carbono	Estrutura de placa emissora para FED	C10001211
CNPq	Júlio C. G. Ferreira	nanocristalino	Processo de obtenção de hidroxiapatita nanocristalina por moagem de alta energia	PI0202117
Embrapa	Everaldo C. Venâncio, Sarita V. Mello, David M. Taylor, Fernando J. Fonseca, Luiz H. C. Mattoso e Antonio Riul Júnior	nanométrica	Sensor à base de plásticos condutores e lipídios para avaliação de paladar de bebidas	PI0103502
Rhodia Acetow Brasil Ltda	Aires Iacovone e Roberto Nasser Júnior	nanofiltração	Utilização de tensoativos no processo de remoção de impurezas de soluções contendo derivados acéticos utilizando nanofiltração com membranas, em processo de obtenção de acetato de celulose	PI9904569
Kalyandra – ME	Ronilda M. Naves e Fausto Silva Júnior	nanotecnologia	Uso da técnica de nanotecnologia com aspersão de ar comprimido ou moto-bomba introduzindo princípios ativos para tratamento capilar e seu processo de aplicação	PI0301081
Okte Engenharia e Consultoria Ltda	Olli K. Tikkanen	nanofiltração	Aperfeiçoamento em sistema e processo de recuperação de água de efluentes industriais através da micronização	C19500182
	Afrânio A. Craveiro	nanoesferas	Uso de microesferas de quitosana no encapsulamento de substâncias e preparação de fitoterápicos	PI9902912
	Jennifer M. C. Yokoya/ e Emerson Chu	nano microns	Equipamento para ativação mecânica autógena por atrito com ativador cilíndrico	PI0302930

			vertical, rosca helicoidal interna e elementos auxiliares de atrito destinado ao acabamento de peças de finas terminações e tolerâncias reduzidas.	
	Antônio C. S. Leite	nanométrica	Dispositivo de gravação de densidade nanométrica	PI9805753
	Petrus D. S. C. Oliveira, Patrícia C. da Nóbrega e Marco Cremona	nanodispositivo	Nanodispositivo para medida e monitoramento individual de doses de radiação ultravioleta através de mecanismo de redução progressiva da eficiência de eletrotroluminescência de compostos	PI0203053
	Luiz O. Ladeira, José D. Ardisson, Fernando A. Batista e Aba I. C. Persiano	nano-voltímetro	Processo de adição de elementos halogênios à compostos terras-raras/ metais de transição-3D por difusão controlada.	PI9701631

A Unicamp tem o maior número de patentes depositadas (quatro) vindo em seguida a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) com duas. Os termos com maior número de patentes são: nanoesferas [3], nanocompósitos [2], nanocápsulas [2], nanofiltração [2], nanométrica [2] e nanocristalino [2].

Conforme se verifica na Tabela 43, os termos com maiores números de patentes depositadas são: nanopartículas, nanocompósitos/nanocompósita, nanocristalino/nanocristal, nanofiltração/nanofiltração e nanômetro. Em pesquisa mais refinada, utilizando estes termos, o número de patentes recuperadas não coincide, em alguns casos, com o número de patentes da Tabela 43.²²⁹

Na Tabela 44 são apresentados os nomes das empresas estrangeiras depositantes que têm maior participação como depositantes de patentes.

Tabela 42. Patentes depositadas no INPI por empresas estrangeiras nos termos que aparecem com maior frequência de patenteamento.

²²⁹ Patentes duplicadas foram excluídas.

Termo	Empresa
Nanocompósitos/ Nanocompósita [27]	Rohm & Haas [4] Solutia [4] Eastman Chemical [4] Nederlandse Organisatie Voor Toegespast - TNO [3] (instituto de pesquisas tecnológicas, privado) Dow Chemical [2] Vantico ²³⁰ [1] (setor químico) Exxon Research [1] Exxonmobil Chemical Patents [1] Basell [1] Nalco [1] Xerox [1]
Nanocristalino/ Nanocristal [15]	Procter & Gamble [4] Minutia [2] (Canadense, nanoeletrônica) Cytec Technology [1] (Americana- química e materiais) Eurand [1] (Italiana, farmacêutica) Fraunhofer-Gesellschaft [1] (Alemanha-Instituto de tecnologia privado) Hydro Québec [1] (Canadense, energia) Imphy Uguine Precision ²³¹ [1] Siderúrgica RSO [1] (Sueca-eletrônica) Spectra Systems [1] ²³² Westain Biomedical [1] Xerox [1]
Nanofiltração/ nanofiltração [17]	Osmonics ²³³ [2]- tratamento de água Shell [2] Applexion ²³⁴ [1] Dow Chemical [1] Dow Deutschland/ Dow Danmark [1] Henkel [1] Kvaerner Chemetics [1] Procter & Gamble [1] Proras ²³⁵ [1] (italiana-engenharia) Queensland Alumina [1] Tate & Lyle Industries [1] Zenon ²³⁶ [1] (canadense- fabricação de membranas para filtração)

²³⁰ A Vantico foi comprada pelo Grupo Huntsman (maior companhia química "private" do mundo com faturamento bruto anual de \$9,5 bilhões, formando uma companhia chamada Huntsman Advanced Materials. Fonte: <http://www.huntsman.com>

²³¹ Aço inoxidável e ligas ferro-níquel.

²³² Spectra Systems Corporation is a materials and systems company with a growing number of patented platform technologies. The company has developed and commercialized a number of new and unique product solutions for the coding, authentication, marking, tracking and sensing markets. Spectra Systems manufactures and markets its products to industries that include brand authentication, document and mail processing, drug discovery, textile services, digital optical media and product manufacturing. Fonte: <http://www.spsy.com/>

²³³ Osmonics is now GE Osmonics, part of GE Water Technologies. The GE Water Technologies mission is to be recognized as the world's best supplier of engineered chemical and mechanical treatment programs for water and process systems. Fonte: <http://www.gewater.com>

²³⁴ Applexion develops purification processes, builds the corresponding systems, installs them and guarantees their performance. Applexion joined GROUPE NOVASEP (Pompey, France) in April 2004. GROUPE NOVASEP is a word leader in purification solutions, in a broad sense, for the pharmaceutical industry. GROUPE NOVASEP is also involved in the production of APIs (Active Pharmaceutical Ingredients). Fonte: <http://www.applexion.com>

²³⁵ Proras is an Engineering Company committed since 1984 to Planning and Construction of Process for the Civil, Mechanical and Industrial engineering Industry. Thanks to our highly qualified and experienced personnel we always achieve the best technical and operative results. Our main fields are Industrial Engineering and Planning, to which we have recently added a new Research and Development Department in order to increase our new Industrial Technology Applications, thus acquiring licenses for

Nanômetros [13]	Colgate-Palmolive [1] Dow Corning [1] Hyperion Catalysis [1] La Roche [1] L'Oreal [1] Ovonic Battery ²³⁷ [1] (Americana-fabricante de baterias de níquel) PPG [1] Procter & Gamble [1] Rhône-Poulenc Specialty [1] Rohm & Haas [1] Saint-Gobain Ceramics e Plastics [1]
Nanopartículas	Intevep [3] (venezuelana- <i>petroquímica</i> , como Shell ou Exxon) Procter & Gamble [3] Bayer [2] Rhodia Chimie [2] Vivorx [2] Americana -farmacêutica Cornerstone Pharmaceuticals [1] Eurand [1] (italiana- farmacêutica) Securrency Pty ²³⁸ [1] (australiana) Yeda ²³⁹ [1] Israelense Virsol [1] Francesa-biotecnologia Flamel ²⁴⁰ [1] Francesa- biotecnologia farmacêutica Novavax [1] Americana-farmacêutica Asea Brown ²⁴¹ [1] Alemanha/Suíça- tecnologia Rhone Poulenc Chimie [1] Rhone Poulenc Rorer [1] Nycomed [1] Dinamarca - farmacêutica 3M Innovative Properties [1] Merck Patent [1] Texaco Development [1] Crompton [1] Givaudan [1] Degussa [1] Basf Coatings [1] Biomedical [1] Pharmasol [1] ATO BV ²⁴² [1] holandesa-insituto de tecnologia

technologies of particular interesting characteristics. The prevention of environmental impact, the optimization of procedures and lowering operative and production costs become the main target of New Tech Department, constantly dedicated to the research of solutions for industrial processes. Fonte: <http://www.proras.it/>

²³⁶ ZENON Environmental is a world leader in immersed membrane technology, providing solutions for municipalities, industries, land development and emergency applications. www.zenonenv.com

²³⁷ Ovonic Battery Company is the leading developer of advanced materials for NiMH batteries.

²³⁸ Securrency Pty is the recognized world leader in polymer substrate technology and the supplier of a range of unique substrates which are used for the printing of banknotes and other security documents. Formed in 1996, Securrency is a joint venture between the Reserve Bank of Australia (RBA), Australia's central bank, and UCB, a Belgian multi-national films, chemicals and pharmaceuticals company. Fonte: www.securrency.com.au/

²³⁹ Yeda Research and Development Company Ltd. is the commercial arm of the Weizmann Institute of Science, Israel's leading center of research and graduate education. The Institute's activities range across the spectrum of contemporary science. Yeda holds an exclusive agreement with the Institute for the marketing and commercialization of new developments emerging from the Institute's laboratories. Fonte: <http://yeda.weizmann.ac.il/>

²⁴⁰ Flamel Technologies is a drug delivery company with expertise in polymer chemistry. Fonte: <http://www.flamel-technologies.fr/>

²⁴¹ ABB is a leader in power and automation technologies that enable utility and industry customers to improve performance while lowering environmental impact. The ABB Group of companies operates in around 100 countries and employs around 115,000 people. Fonte: <http://www.abb.com/>

Portanto, os maiores depositantes no Brasil, em nanotecnologia, são:

- 1- L'Oreal: 19 patentes (**nanopigmentos** [9], **nanoemulsões** [8] e **nanocápsulas** [2])
- 2- Procter & Gamble: 11 patentes (**nanocristalino** [4], **nanopartículas** [3], **nanofiltração** [1], **nanomêtro** [1], **nanoporoso** [1] e **tamanho nano** [1]).
- 3- Rhodia Chimie com 9 patentes (**nanofibrilas** [5], **nanopartículas** [2], **nanométrico** [1], **nanofibras** [1]).
- 4- Dow Chemical com 7 patentes (**nanocompósitos** [2], **nanofiltração** [1], **pó nanoescalar** [1], **nanocompostos** [3]).
- 5- Bayer com 6 patentes (**nanopartículas** [2], **nanométricas** [1], **nanoescala** [1], **nanoestruturado** [1], **escala nano** [1]).
- 6- Rohm and Haas com 5 patentes (**nanocompósitos** [4] e **nanômetros** [1]).
- 7- Eastman Chemical e Solutia com 4 patentes, todas em **nanocompósitos**.

Com **nanopartículas**, os maiores depositantes são: Procter & Gamble [3], Intervep [3], Bayer [2], Vivorx [2] e Rhodia Chimie [2].

Com **nanocompósitos**, as maiores depositantes: Rohm & Haas [4], Solutia [4], Eastman Chemical [4], Nederlandse [3] e Dow Chemical [2].

Com **nanofiltração**: Shell [2] e Osmonics [2].

Com **nanocristalino/nanocristal**: Procter & Gamble [4] e Minutia [2].

Utilizando sites de busca de patentes, foi possível recuperar o número de patentes depositadas pelas grandes empresas depositantes no Brasil, como se verifica na Tabela 45.

²⁴² ATO, Agrotechnological Research Institute: Agrotechnology & Food Innovations has a great variety of research facilities and equipment, that range from lab-scale to semi-industrial (pilot) scale. As a result the institute is able to optimize new technologies and products, and to offer tailor-made solutions to industries. Agrotechnology & Food Innovations' contract partners can be found, among others, in the food industry, the chemical industry, the pharmaceutical industry, the motor-car industry, the industries manufacturing building materials, the paper-making industry, retailers, auctions, transport companies, the European Commission and national authorities. www.ato.wageningen-ur.nl

Tabela 43. Número de patentes recuperadas em sites de busca de patentes (European Patent Office e United States Patent and Trademark Office).

Empresa	Total em todos os países, segundo a base do European Patent Office	USPTO
Bayer AG ²⁴³	>100.000	319
Procter & Gamble	74.242	6.609
Dow Chemical	52.056	7.661
L'Oreal	34.439	2.987
Rohm & Haas	21.003	1.955
Eastman Chemical	5.101	919
Rhodia Chimie	1020 ²⁴⁴	249
Solutia ²⁴⁵	466	91
Total		20.789

Os números apresentados mostram a enorme superioridade de algumas empresas que depositam no Brasil, no patenteamento de produtos e processos como a Bayer, Procter and Gamble, Dow Chemical, L'Oreal e Rohm & Haas (todas acima de 20.000 patentes depositadas). Em termos de patentes depositadas nos Estados Unidos, observa-se que a Dow Chemical depositou mais patentes do que a Bayer e Procter & Gamble, mas no Brasil a Procter & Gamble depositou mais patentes do que Bayer e Dow Chemical, como se verifica na pg. 36. Por outro lado, nota-se a falta de participação de empresas como a Hewlett-Packard, IBM, Motorola, Siemens e muitas outras das áreas de tecnologia da informação e microeletrônica, que está obviamente associada à inexistência de uma produção industrial brasileira significativa, na área de semicondutores e equipamentos de TI.

Na Tabela 46 são descritas as patentes depositadas por duas das maiores empresas depositantes no Brasil, no termo nanocompósito. Note-se que se trata de cadeias de patentes, o que é esperado face à rapidez com que se sucedem os desenvolvimentos nesta área.

²⁴³ A depositante do grupo Bayer no Brasil é a Bayer AG (Alemanha) e a busca nas bases EPO e USPTO foi feita apenas para esta empresa. Portanto, patentes de outras empresas do grupo Bayer não estão representadas. Este foi o último grande grupo químico alemão a passar por um processo de divisão e realinhamento estratégico.

²⁴⁴ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index, pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 61 patentes.

²⁴⁵ A depositante no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca nas bases EPO e USPTO foi feita apenas para esta empresa. Portanto, patentes de outras empresas associadas não estão representadas.

Tabela 44. Descrição dos pontos relevantes nas patentes depositadas pelas principais empresas depositantes no Brasil, por termo.

Termo	Empresa	Descrição	Nº de PI
Nanocompósitos	Solutia	Poliamida (homo ou copolímero) e silicato lamelar (montmorilonita, saponita). Obtenção de mistura fluída do monômero ou oligômero e o silicato (tratado ou não com sais de ônio) e posterior polimerização. Aplicações: automotivas, eletrônica, filmes e fibras.	PI9917441 PI0100560 PI9907895 PI9815778
	Rohm & Haas	Mistura de dispersão aquosa da argila com monômero (qualquer monômero etilênico insaturado) e surfactante e polimerização em emulsão, obtendo-se partículas nanocompósitas. Com modificação hidrofóbica da argila com sais de ônio, preparação de partículas poliméricas ocas. A modificação da argila com adição de cátion di ou trivalentes aumenta a afinidade polímero/argila. Aplicações: revestimentos, adesivos, calafetações, selante, aditivos plásticos e resinas termoplásticas.	PI0113995 PI0113997 PI0113998 PI0113999

Portfólios de patentes de empresas selecionadas

Neste tópico serão apresentados dados relativos aos portfólios de empresas selecionadas.

A Tabela 47 apresenta os resultados da prospecção do número total de patentes de empresas selecionadas, incluindo as empresas com maior número de patentes depositadas no Brasil e empresas de eletrônica.

Tabela 45. Portfólio de patentes das principais empresas depositantes e de empresas de tecnologias da informação, constantes do site do European Patent Office.

Empresa	Nº total de patentes	Nº de patentes em nano*	Palavras-chaves mais usadas
Procter & Gamble	74.242	59	Nanoparticle (s) [14] Nanometers [11] Nanocapsules [8] Nano-crystals [6] Nano-scale [6] Nanolatexes [4] Nanofiltration [3] Nanoporous [3] Nano-sized [3] Nanoemulsion [2] Nanozeolites [1]
L'Oreal	29.195	103	Nanopigment (s) [54] Nanoemulsion (s) [36] Nanoparticles [19] Nanocapsule (s) [11] Nanometers [5] Nanopigmented [4] Fullerenes [2] Nanometric particles [2] Nanosphere (s) [2]

			Nanotubes [1]
Shiseido ²⁴⁶	6.956	0	
Honeywell	37.713	39	Nanoporous [19] Nanometer (s) [7] Carbon nanotubes [3] Nanoparticles [3] Nanophase [3] Nanocomposite [2] Nanoporosity [2] Nanolaminate [1] Nanosized [1] Nanotubular [1]
Rohm and Haas	21.003	48	Nanometers ²⁴⁷ [32] Nanoparticle (s) [15] Nanocomposite (s) [6] Nano fibre [1]
Dow Chemical	53.056	32	Nanometer (s) [32] Nanocomposite (s) [15] Nanofiltration [4] Nanosize [2]
Eastman Chem.	5.101	23	Nanocomposite (s) [23]
Rhodia Chimie	1022 ²⁴⁸	28	Nanoparticles [8] Nanometer (s) [6] Nanofibriles [6] Nanometric [4] Nanolatex [3] Nanolithography [1] Nanofabrication [1]
Solutia ²⁴⁹	514	10	Nanocomposite (s) [10]
Bayer AG ²⁵⁰	>100.000	57	Nanoparticles [12] Nanoscale [8] Nanometer (s) [7] Nanofiltration [6] Nanocrystalline [2] Nanodisperse [2] Nanoparticulate [2] Nano-CeO ₂ [1] Nanocrystalline [1] Nano-dispersed [1] Nanodispersions [1] Nanoscalar [1] Nanosuspensions [1] Nano zinc oxide [1] Nano-ultrafiltration [1] Nano-sized [1]
Nederlandse Organisatie Voor	3479	8	Nanocomposite [6] Nanometers [1]

²⁴⁶ Embora sendo uma grande empresa de cosméticos, a Shiseido (JP) não tem patentes contendo nomenclatura em nano, o que contrasta significativamente com o observado no caso da L'Oréal. Entretanto, o número de patentes da Shiseido em *titanium oxide* [26], *zinc oxide* [19], *particles* [23] e *ultraviolet absorber* [36], que são palavras-chaves dominantes no portfólio da L'Oréal, soma 104 patentes (contra 101 da L'Oréal).

²⁴⁷ Refere-se ao tamanho das partículas.

²⁴⁸ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index., pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 83 patentes.

²⁴⁹ A depositante do grupo Solutia no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca na base EPO foi feita apenas para esta empresa. Incluindo todas as empresas este número sobe para 914 patentes.

²⁵⁰ Todas as empresas do grupo estão incluídas nesta busca.

Toegespát-TNO			Nanoscope [1] Nanoscale [1]
Intevep	924	5	Nanoparticle (s) [5]
Shell International Research ²⁵¹	149/65874*	6/15*	Nanometer (s) [4* +2] Nanocrystalline [3]* Nano-powder [1]* Nano-porous [1] Nano-filtration [1]
Osmonics	58	2	Nanofiltration [2]
IBM ²⁵²	>100.000	175	Nanometer (s) [70] Nanoparticle (s) [18] Quantum dot (s) [10] Nanoscale [9] Nanotube (s) [8] Fullerenes [7] Carbon nanotubes [6] Nanocrystal (s) [6] Nano-device (s) [5] Nanostructure (s) [4] Nanostructure (s) [4] Nanocrystalline [3] Nanofoam [3] Nano Kernel [2] Nano-metrology [2] Nanopore [2] Nano-oxide [2] Nanoscope [2] Nano slider [2] Nanostep [2] Nanosteped [2] Nano-circuit [1] Nanolithographic [1] Nanomechanical [1] Nanostore [1] Nano-textured [1]
Hewlett- Packard ²⁵³	38.679	64	Nanometer (s) [30] Nanometer-scale [17] Nanoscale [12] Nano-imprinting [7] Nanowire (s) [7] Nanometer-scaled [4] Nanoparticles [4] Nanosize [2] Nano structure [2] Nanotube [2] Quantum dot [2] Nano apparatus [1] Nano-circuits [1] Nanoclusters [1] Nano composite [1] Nano-devices [1] Nanofilm [1] Nano-fuse [1] Nanohole [1] Nano-imprint [1] Nanoislands [1]

²⁵¹ Incluindo todas as empresas do grupo Shell.

²⁵² A recuperação das patentes inclui também IBM com outras terminações, por exemplo: IBM Deutschland, IBM INTERNAT BUSINESS MACHINES.

²⁵³ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

			Nano material [1] Nano-particulate [1] Nano-photoetching [1] Nanopore (s) [1] Nano-resistor [1] Nano-sized [1]
Intel ²⁵⁴	17.344	20	Carbon nanotube (s) [7] Fullerenes [2] Nano-barcodes [2] Nanoscale [2] Quantum dots [2] Nanocrystalline [1] Nanometer [1] Nanoparticles [1] Nanosprings [1] Nanostructures [1] Nanostage [1] Nanotubes [1]
Motorola	56.885	51	Nanometer (s) [14] Nanotube (s) [13] Carbon nanotubes [6] Nanocrystal (s) [5] Nano-memory [5] Quantum dots [5] Nanoparticle (s) [4] Nanoclusters [3] Nano-supported [3] Nanomorphic [2] Nanospecies [2] Nano control [1] Nano-diode [1] Nanomaterials [1] NanoROM [1] Nanoscaled [1]
Siemens ²⁵⁵	>100.000	39	Nanocrystalline [9] Nanometer (s) [7] Nanoscale [3] Nanotubes [3] Carbon nanotubes [2] Nano-dispersants [2] Fullerenes [1] Nano-eletronics [1] Nanohydrate [1] Nano-onions [1] Nanoparticles [1] Nanopaste [1] Nano-powders [1] Nano-sized [1] Nanostructured [1] Quantum dots [1]
Samsung ²⁵⁶	>100.000	116	Carbon nanotube (s) [83] Nanotube (s) [73] Nano-sized [19] Nanometer (s) [14] Nanoparticle (s) [11] Quantum dot (s) [11]

²⁵⁴ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

²⁵⁵ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM

²⁵⁶ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM

			Nano-size [7] Nanocomposite [3] Nano-scale [3] Nanophase [2] Nano-pores [2] Nanocomplex [1] Nano-crystal [1] Nano data [1] Nanoelectronics [1] Nano grain [1] Nanolaminate [1] Nano-memory [1] Nano phosphor [1] Nanoporous [1] Nano silicate [1] Nanotechnology [1] Nano-type [1]
ITRI (TW)	7.622	60	Carbon nanotube (s) [30] Nanocomposite (s) [14] Nanometer (s) [8] Nanotubes [6] Nano carbon tube [2] Nano fiber (s) [2] Nanoparticle (s) [2] Fullerenes [1] Nano-dispersed [1] Nano compound [1] Nanoparticle Nanocapsule [1] Nanodimension [1] Nano displacement [1] Nano positioning [1] Nano probe [1] Nanorods [1] Nano-scale [3] Nano-sized [1] Nanostructure [1] Nanotube Nanowires [1]
Bridgestone Corp. ²⁵⁷ (JP)	23.438	8	Carbon nanotube (s) [3] Nanometer [1] Nano-particle (s) [4]
Fuji Photo	>100.000	32	Nanograin [2] Nanometer (s) [3] Nanoparticle (s) [19] Nanoparticulate [4] Nanostructure [3] Fullerene [1] Quantum dots [1]
Fuji Xerox	43.381	14	Carbon nanotube [11] Fullerene [2] Nanometer (s) [2] Nanowire [1]
Canon	>100.000	36	Nanostructure (s) [13] Carbon nanotube (s) [10] Fullerene [5] Nanohole (s) [3]

²⁵⁷ Somente a Bridgestone Corporation, entre todas as empresas "Bridgestone", depositou patentes em nanotecnologia.

			Nanometer (s) [2] Nano structural [2] Quantum dot [2] Nanocarbon [1] Nano fine wire [1] Nano order [1] Nano-sized [1]
Hitachi ²⁵⁸	>100.000	101 ²⁵⁹	Nano-crystalline [24] Nano-crystal [18] Nanoparticle (s) [13] Carbon nanotube (s) [10] Nanofabricated [8] Quantum dot (s) [8] Nanometre scale [7] Nanocluster [6] Nanometer (s) [6] Nanoscale [4] Nanostructured [2] Nano-crystallized [1] Nano diffraction [1] Nanodisplacement [1] Nano-fiber [1] Nano form [1] Nanoprobe [1] Nano material [1] Nano-sized [1] Nanotube [1] Nanowhiskers [1]
Mitsubishi ²⁶⁰	>100.000	99	Fullerene (s) [41] Carbon nanotube (s) [12] Nanoparticle (s) [10] Carbon nanofiber [7] Nanometer (s) [7] Quantum dot [4] Carbon nanomaterial [2] Nanometer-order [2] Nanorod [2] Nano-size [2] Carbon nano fibrin [1] Nano carbon [1] Nano-composite [1] Nano-ROM [1] Nano-sized [1] Nanosphere [1] Nano strip [1] Nano-structures [1] Nanowire [1]
Matsushita Electric	100.000	51	Nanometer (s) [24] Quantum dot (s) [13]

²⁵⁸ Inclui várias empresas, Hitachi Metals, Hitachi Chemical, Hitachi Science, etc.

²⁵⁹ As empresas do grupo Hitachi que patenteiam em nano são: Hitachi Metals [33], Hitachi Ltd [22], Hitachi Europe [20], Hitachi Software Eng [10], Hitachi Chemical [4], Hitachi Global Storage Technol. [3], Hitachi Device Eng [1], Hitachi Instruments Service [1] e Hitachi Maxwell [1]. A Hitachi Global Storage Technology é uma empresa nova criada pela Hitachi e IBM em 2003. Há duas patentes desta empresa com a palavra-chave “nanocrystalline”, que se referem à fabricação de filmes finos magnéticos utilizados em disk drive contendo camada de CrTi nanocristalino. Site www.hgst.com

²⁶⁰ As empresas do grupo que patenteiam são: Mitsubishi Rayon [6], Mitsubishi Chemical [21], Mitsubishi Materials [7], Mitsubishi Gas Chemical [8], Mitsubishi Electric [7], Mitsubishi Heavy [5] e Mitsubishi Cable [2].

			Nanocomposite [7] Carbon nanotube [3] Nanoparticle [3] Nano effects [1] Fullerene [1] Nanosized [1]
Matsushita Electric Works	93.838	13	Nanocrystal (s) [5] Nano order [3] Nanocrystalline [2] Nanometer (s) [2] Carbon nanotube [1] Nano-composite [1] Nano-structures [1]
General Electric (US)	100.000	22	Nanometer (s) [13] Nanoparticle (s) [5] Carbon nitrogen nanofiber [1] Nano-size [1] Nanometer-sized [1] Nanophase [1] Nanostructured [1]
LG (KR) ²⁶¹	69.385	78	Carbon nanotube (s) [52] Quantum dot (s) [8] Nanocompósito (s) [6] Carbon nano fiber [2] Nanoemulsion [2] Nanometer (s) [2] Nanopowder [2] Nanocapsule [1] Nano complex [1] Nano level [1] Nanometre [1] Nanopore [1] Nanoscale [1] Nano-sized-alumina [1] Nano tip [1] Nano wire [1] Polymer nanotube [1]
Kolon (KR)	2.702	5	Nano composite [3] Nanoclay [2]
Boeing (US)	10.303	7	Nanoscale [2] Nanostructure [2] Nanocluster [1] Nanophase [1] Nanoporous [1]
General Motors (US)	47.101	13	Nanometers [8] Nanocomposite [2] Carbon nanotubes [1] Fullerenes [1] Nano-crystalline [1] Nanometer-size [1] Nanophase [1] Nanosized [1] Nanostructured [1]
Toyota Motor (JP)	85.499	16	Carbon nanotube (s) [11] Nanometer (s) [3] Carbon nanofiber [2]

²⁶¹ As empresas patenteadoras são: LG Electronics [50], LG Chemical [10], LG Household and Health Care [3], LG Semicon [3], LG Chem Investments [2] e LG Philips Displays [1].

			Carbon material [1] Carbon nanomaterial [1] Fullerene [1] Metal nanotube [1] Nanoparticle [1] Titania nanotube [1]
--	--	--	---

As palavras-chaves de maior incidência nas patentes recuperadas na Tabela 43 estão apresentadas na Tabela 48.

Tabela 46. Palavras-chaves com maior incidência, de acordo com as patentes recuperadas na EPO.

Palavra-chave	Empresas patenteadoras	Palavra-chave	
Carbon nanotube (s)	Honeywell, IBM, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Xerox, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, Matshushita Electric Works, LG	Nanometer-scale	Hewlett-Packard
Fullerene (s)	L'Oréal, IBM, Intel, Siemens, ITRI, Fuji Photo, Fuji Xerox, Canon, Mitsubishi, Matsushita Electric	Nanoparticle (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, Honeywell, Rohm & Haas, Rhodia Chimie, Bayer AG, Intevp, IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Photo, Hitachi, Mitsubishi, Matshushita Electric, GE
Nanocapsule (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, ITRI, LG	Nanopigment (s)	L'Oréal
Nanocomposite (s)	Honeywell, Rohm & Haas, Dow Chemical, Eastman Chem., Solutia, TNO, Hewlett-Packard, Samsung, ITRI, Mitsubishi, Matsushita Electric, Matshushita Electric Works, LG, Kolon	Nanoporous	Procter & Gamble, Honeywell, Samsung
Nanocrystal (s)	Procter & Gamble, IBM, Motorola, Samsung, Hitachi, Matshushita Electric Works	Nanoscale	Procter & Gamble, Bayer AG, TNO, IBM, Intel, Siemens, Samsung, ITRI, Hitachi, LG
Nanocrystalline	Bayer AG, Shell Internacional Research, IBM, Intel, Siemens, Hitachi, Matshushita Electric Works	Nano-sized	Procter & Gamble, Honeywell, Bayer AG, HP, Siemens, Samsung, ITRI, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, LG
Nanoemulsion (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, LG	Nanotube (s)	L'Oréal, IBM, HP, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI
Nanofibriles	Rhodia Chimie	Quantum dot (s)	IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, Fuji Photo, C&A, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, LG
Nanometer (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, Honeywell, Rohm & Haas, Dow Chemical, Rhodia Chimie, Bayer AG, TNO, Shell International Research, IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Photo, Fuji Xerox, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matshushita Electric, Matshushita Electric Works, GE, LG		

Uma Moratória em Nanotecnologia?

Existe um movimento organizado de opinião, alertando para os possíveis riscos da nanotecnologia. Personagens e entidades importantes estão pleiteando medidas de moratória e banimento de produtos nanotecnológicos.

As razões disto estão claramente vinculadas a uma grande quantidade de afirmações ridículas feitas por pseudo-ideólogos e popularizadores da nanotecnologia. Infelizmente, essas afirmações foram levadas a sério por muitas pessoas que estão em posição de criarem sérios embaraços à pesquisa, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia.

Algumas empresas se protegem disso fazendo pura e simples omissão de palavras "nano", que de fato elas não precisam para descreverem seus produtos e processos. Outras privilegiam produtos e processos que utilizem matérias-primas já bem conhecidas. Por exemplo, o número de patentes de nanocompósitos poliméricos com argilas é muito superior ao de nanocompósitos poliméricos com nanotubos de carbono.

Entretanto, é fato que a nanotecnologia está introduzindo alguns materiais anteriormente desconhecidos da natureza ou dos seres humanos. Por exemplo, no caso de nanopartículas, as de ouro são conhecidas e usadas há muitos séculos, as de prata foram amplamente usadas em medicina na primeira metade do século 20 e as de óxido de ferro existem nas águas de muitos lugares no globo, com destaque para o sudeste brasileiro.

Por outro lado, nanotubos de carbono e fulerenos são substâncias químicas ainda novas e o seu uso disseminado só poderá ocorrer depois de se conhecer o seu ciclo de vida no ambiente, bem como as suas propriedades toxicológicas. Ou seja, os produtos "nanotecnológicos" deverão ter seu uso cercado das mesmas precauções que hoje são aplicáveis a quaisquer substâncias novas.

Esta questão está tratada com profundidade, sensatez e equilíbrio no documento *Nanoscience and nanotechnologies; opportunities and uncertainties*, divulgado pela Royal Society e Royal Academy of Engineering em Julho de 2004. A leitura de, pelo menos, o livreto de *Summary and recommendations* deste documento é obrigatória.

É provável que haja muito debate futuro e já há grupos de pesquisa importantes articulados em torno das questões relacionando nanotecnologia e sociedade, como o *Centre for Nanotechnologies and Society*, criado na *Lancaster University* junto ao grupo *Demos*. É importante notar que um dos pontos da missão deste grupo é "*Promote international academic collaborations, particularly through collaboration with related research that is underway in Germany, the Netherlands, **Brazil** and the United States.*"

CONCLUSÃO

Todos os países inovadores têm programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes e do mesmo nível que a biotecnologia, tecnologias da informação e meio-ambiente.

Todos os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade e, portanto, com características próprias, mas sempre engajando o maior número possível de participantes. Todos têm alvos econômicos definidos.

A nanotecnologia é pervasiva e empresas de todos os setores industriais estão desenvolvendo produtos nanotecnológicos, embora algumas optem por não identificá-los como tal.

O crescimento previsto para os mercados de produtos nanotecnológicos é muito superior ao crescimento de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares.

As aplicações atuais de nanotecnologia e as que estarão atingindo os mercados nos próximos anos são evolucionárias, mais do que revolucionárias, estando concentradas nas áreas de *determinação de propriedades de materiais, produção química, manufatura de precisão e computação*.²⁶² Espera-se o aparecimento de aplicações revolucionárias, a médio e longo prazo.

Estas conclusões e a situação atual no Brasil produzem uma conclusão final: o Brasil tem um documento de programa de nanotecnologia que é perfeitamente compatível com as melhores propostas dos documentos analisados neste relatório. Além disso, esse documento considera a situação local, seja as oportunidades, seja as desvantagens. Infelizmente, esse documento não está sendo utilizado e sequer foi divulgado no número de *Parcerias Estratégicas* que tratou de nanotecnologia. Ao invés disso, estão sendo praticadas ações de fomento improvisadas e desconectadas da realidade industrial.

²⁶² Não existe, neste momento, nenhuma possibilidade razoavelmente definida para o uso de nanomáquinas capazes de fabricar materiais montando-os átomo por átomo. Apesar destas máquinas ocuparem muito espaço nos textos e na imaginação de divulgadores, elas não estão nas cogitações de estrategistas das grandes empresas inovadoras a não ser nas formas de síntese química/bioquímica e auto-organização.

Os autores esperam que as informações contidas neste relatório se tornem conhecidas de gestores públicos e que sirvam para que as ações de governo coloquem as imensas oportunidades abertas pela nanotecnologia a serviço das necessidades brasileiras.