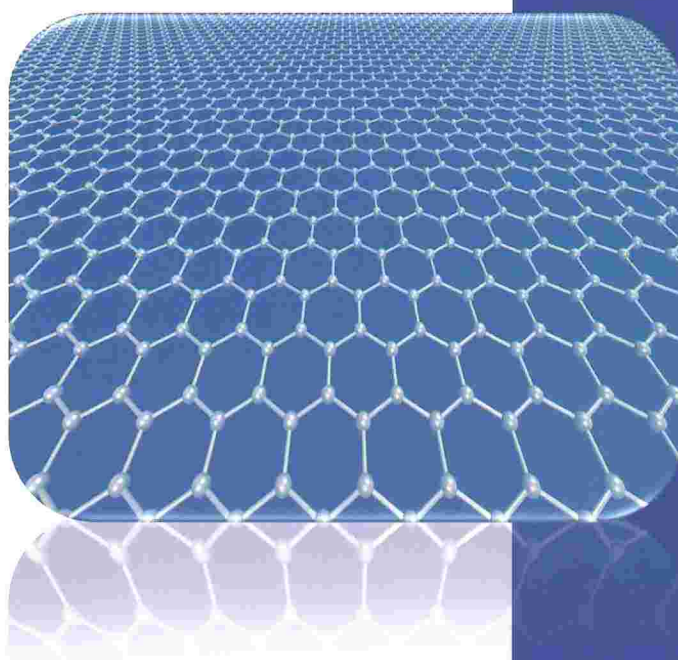


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

A NANOTECNOLOGIA COMO PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA A INOVAÇÃO



2012

A NANOTECNOLOGIA COMO
PLATAFORMA TECNOLÓGICA
PARA A INOVAÇÃO

2012

Presidente da República

Dilma Vana Roussef

Vice-Presidente da República

Michel Temer

Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação

Marco Antonio Raupp

Secretário Executivo

Luiz Antonio Rodrigues Elias

Secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Alvaro Toubes Prata

Secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, substituto

Adalberto Fazzio

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

**A NANOTECNOLOGIA COMO
PLATAFORMA TECNOLÓGICA
PARA A INOVAÇÃO**

Organizado por:
Francine Barbosa Silva

2012

© Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação

Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citada a fonte.

**Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias**

Coordenador Geral, substituto: Alfredo de Souza Mendes

Equipe Técnica

Anna Gabriella Tempesta
Eder Torres Tavares
Francine Barbosa Silva

Diagramação - André B. Silva

Normatização - Maíra Murrieta Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B823n Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

A nanotecnologia como plataforma tecnológica para a
inovação/Organização Francine Barbosa Silva – Brasília:
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012.

88 p .:il.

1. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação 2. Secretaria de
Desenvolvimento Tecnológico e Inovação 3. Nanotecnologia I. Silva,
Francine Barbosa III. Título

Endereço:

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 2º andar, sala 244
CEP: 70067-900, Brasília – DF, Brasil

que utilizam nanopartículas antibactericidas, como por exemplo, vestimentas, geladeiras, máquinas de lavar, secadores de cabelo, lenços umedecidos, revestimentos de parede, etc. Dados recentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) indicam que o mercado de produtos nanotecnológicos movimentará cerca de US\$ 350 bilhões e, em 2015, estima-se que esse valor alcançará US\$ 1 trilhão!

No Brasil há muitas pesquisas em nanotecnologia; a maioria destas desenvolvida nas universidades e nos institutos de pesquisa. O Programa de C,T&I em Nanotecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) é gerenciado pela Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT) e tem como objetivo promover o aumento da competitividade da indústria brasileira por meio do desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia. O Programa incentiva e apoia atividades de pesquisa e desenvolvimento, busca uma infraestrutura adequada, promove a interação e transferência de tecnologia entre a academia e empresas, estabelece cooperação internacional com países estratégicos, entre outras iniciativas.

Atualmente o País conta com 25 redes temáticas de nanotecnologia, 16 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia empenhados com o avanço do conhecimento em diversas nanotecnologias, aproximadamente 130 empresas desenvolvendo P&D, mais de 2.500 pesquisadores e aproximadamente 3.000 alunos em pós-graduação na área.

Uma estratégia governamental para gerir uma tecnologia inovadora e com potencial para mudar os rumos econômicos e sociais de um país deve ser implementada o quanto antes. Para isto, um Comitê Interministerial, a ser criado pelo MCTI, será a base para ampliar e compartilhar a governança com outras áreas do governo.

Paralelamente, a criação do Sistema de Laboratórios (SisNANO) pelo MCTI tornará acessível, ao público e ao privado, toda a infraestrutura nacional de laboratórios multiusuários.

O desenvolvimento e o progresso da humanidade sempre foram marcados pela capacidade de fabricar e funcionalizar os materiais, desde os tempos pré-históricos, chegando à era dos semicondutores. O domínio e a funcionalização do silício, retratado na fabricação dos dispositivos eletrônicos - chips - foram fundamentais para revolução industrial dos dias de hoje.

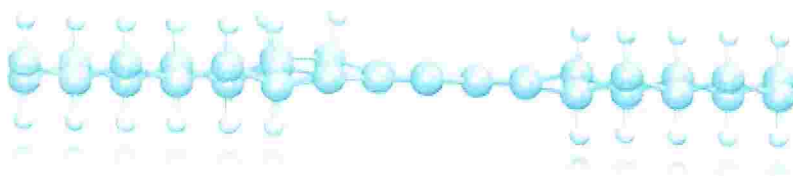
Você já imaginou uma plataforma tecnológica que tornasse nossas vidas mais longas, a energia gerada mais limpa, nossos computadores mais rápidos e inteligentes? A intensa pesquisa utilizando a nanotecnologia está buscando soluções inovadoras visando o desenvolvimento econômico, social e a sustentabilidade ambiental do nosso planeta! Essa tecnologia se relaciona com várias áreas do conhecimento como, por exemplo, a ciência de materiais, a física, a química, a biologia, as engenharias, a medicina, dentre outras. Cientistas de todas as áreas do conhecimento vêm utilizando ferramentas nanotecnológicas. Empresas interessadas em se tornar mais competitivas estão encontrando na nanotecnologia as soluções inovadoras desejáveis.

A nanotecnologia é formada por um conjunto de ferramentas que têm a capacidade de identificar, manipular e construir materiais com novas propriedades em nível atômico e molecular. É uma “engenharia” que trabalha em dimensões nanométricas, um bilionésimo de metro. Como os materiais apresentam propriedades diferentes nessas dimensões, há um mundo aberto a ser explorado. Dessa forma, a nanotecnologia não configura uma promessa ou uma ficção futurológica, ela já é uma realidade observada em inúmeros produtos de diferentes setores econômicos. Por exemplo, no setor têxtil temos tecidos resistentes à sujeira, tecidos antibacterianos; no setor de cosméticos, protetores solares, produtos para maquiagem; no setor de fármacos, novas formas de administrar os remédios; no setor energético temos as células fotovoltaicas etc. Atualmente, existem mais de 300 produtos

Esta publicação apresenta de forma resumida a atuação do MCTI em nanotecnologia e as futuras iniciativas nessa área no âmbito da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI).

Adalberto Fazzio

Brasília, junho de 2012



1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	Histórico e Economia	10
1.2.	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em nanotecnologia	13
1.2.1.	Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia	17
1.2.2.	Unidades de Pesquisa que atuam em nanociência e nanotecnologia	24
1.2.3.	Redes de pesquisas	37
2.	Nanotecnologia e Área de Atuação	40
2.1.	Aeroespacial	40
2.2.	Agronegócio	41
2.3.	Defesa	42
2.4.	Energia	44
2.5.	Meio ambiente	45
2.6.	Nanodispositivos	48
2.7.	Nanometrologia	50
2.8.	Nanossensores	54
2.8.1	Nanossensores e Atuadores: Sistema de Direção e Diagnósticos	54
2.9.	Plásticos	57

2.10.	Saúde	59
2.11.	Têxteis	62
2.11.1.	Materiais para a Produção Sustentável	62
3.	Interação com empresas	63
4.	Patentes	71
5.	Cooperação internacional	75
5.1.	Exemplo de Cooperação: O Centro Brasil – China de Pesquisa e Inovação em nanotecnologia	77
5.2.	Demais Cooperações	78
6.	Governança	78
6.1.	Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN)	79
6.2.	Sistema Nacional de Laboratórios em nanotecnologia (SISNANO)	81
7.	Orçamento	82
8.	Conclusão	83

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico e economia mundial em nanotecnologia

O Brasil possui um território de 8,5 milhões de km² e uma população de mais de 190 milhões. Segundo a Economist Intelligence Unit (2011), empresa de consultoria e pesquisa ligada à revista The Economist, atualmente o Brasil é a sexta maior economia mundial.

A combinação de estabilidade econômica e institucional, crescimento sustentável, mercado doméstico em expansão, políticas sociais inovadoras e distribuição de renda criam uma nova imagem do Brasil diante do cenário internacional. Todas essas mudanças, aliadas a um sistema financeiro com forte regulação, tornaram o País mais resistente para enfrentar crises econômicas globais .

Investimentos em recursos humanos, políticas sistematizadas de financiamento e marcos regulatórios de apoio ao setor permitiram ao Brasil alcançar uma posição de destaque no cenário de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), em áreas estratégicas como energia, agronegócio, meio ambiente, biotecnologia e nanotecnologia. Como maior economia da América Latina, o País investiu 1,18% do Produto Interno Bruto em pesquisa e desenvolvimento (contra 0,9% em 2004) para estimular a inovação e impulsionar o crescimento econômico (Figura 1).

¹<http://www.eiu.com>

²A classificação é determinada pelo produto interno bruto medido em dólares à taxa de câmbio corrente.

³Brazil, macroeconomic stability and social inclusion <http://www.brasil.gov.br/para/press/reference-texts/brazil-stability-and-great-opportunities>

⁴Por dentro do Brasil: Ciência Tecnologia e Inovação www.brasil.gov.br/navegue_por/noticias/textos-de-referencia/recursos-naturais-sustentabilidade-e-novas-fronteiras

Dentre as estratégias de desenvolvimento da C,T&I, a nanotecnologia se destaca por ser uma plataforma tecnológica inovadora de natureza transversal, atuante na fronteira do conhecimento, o que lhe confere a capacidade de impactar praticamente todos os setores econômicos que demandam desenvolvimentos tecnológicos e inovadores. Nanotecnologia não configura uma promessa, é uma realidade presente em inúmeros produtos mais sofisticados. Hoje, a nanotecnologia permeia diferentes setores e pode ser incorporada nas linhas de produção e/ou nos produtos desenvolvidos por setores como energia, saúde, farmácia, recursos hídricos, petroquímica, agronegócio, eletroeletrônica, química fina, defesa, aeroespacial, automobilística e diversos outros setores.

Com alto potencial para desafios globais, a nanotecnologia tem sido considerada a base da próxima revolução industrial. Isto se reflete nos altos investimentos feitos nestes últimos 11 anos pelos governos de 14 países, a saber, Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemanha, Rússia, Israel, Arábia Saudita, África do Sul, Índia, China, Japão, Coreia do Sul, Taiwan e Austrália que totalizam mais de US\$ 67 bilhões desde 2000 . Segundo projeções de consultorias de tecnologias emergentes, a nanotecnologia deve movimentar um mercado de US\$ 2,5 trilhões em 2020 , . Em 2009, este mercado alcançou US\$ 250 bilhões. A Figura 2 mostra a estimativa das aplicações do governo americano em Nanotecnologia em 2010 . O investimento do governo no âmbito da sua Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) foi de US\$ 1.8 bilhão em P&D. Junto com o investimento do setor privado em P&D (US\$ 2.1 bilhões), estima-se a geração de 220.000 empregos, retorno de aproximadamente US\$ 22 bilhões aos cofres públicos e produção de aproximadamente US\$ 110 bilhões em produtos

⁵Cientifica Ltd. (<http://cientifica.eu>)

⁶Lux Research Inc. (<http://www.luxresearchinc.com/>)

⁷Nanobusiness Alliance (<http://nanobusiness.org/>)

⁸Roco, M.C. The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *J. Nanopart Res* (2011) 13:427-445.

finalis. O congresso americano aprovou um orçamento de US\$ 2.1 bilhões de investimento para a nanotecnologia em 2012.

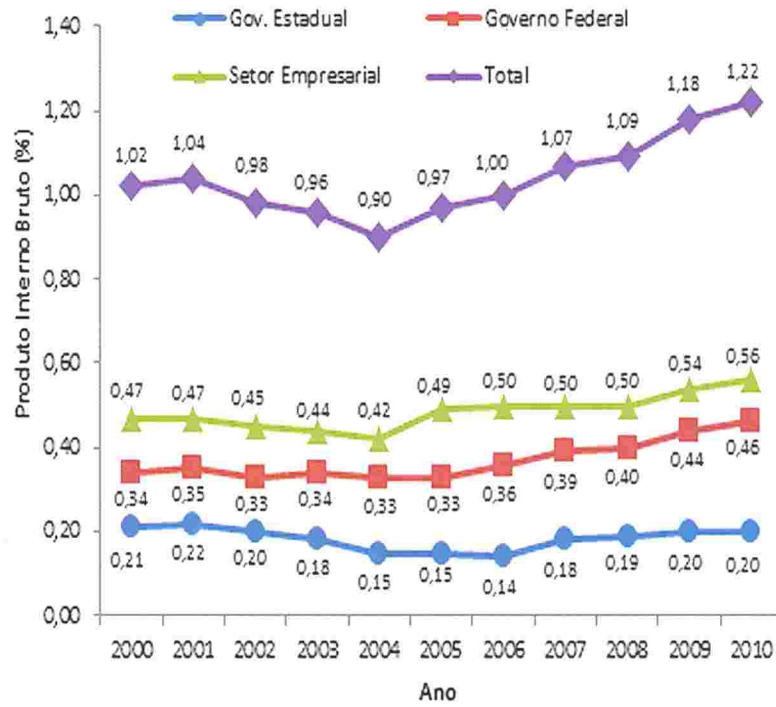


Figura 1. Brasil: investimentos em P&D em relação ao PIB, por setor de financiamento, 2000-2010.

⁹Por dentro do Brasil: Ciência Tecnologia e Inovação www.brasil.gov.br/navegue_por/noticias/textos-de-referencia/recursos-naturais-sustentabilidade-e-novas-fronteiras

Estimativa anual dos resultados dos investimentos feitos em P&D em Nanotecnologia pelo Governo Federal dos Estados Unidos (2010)

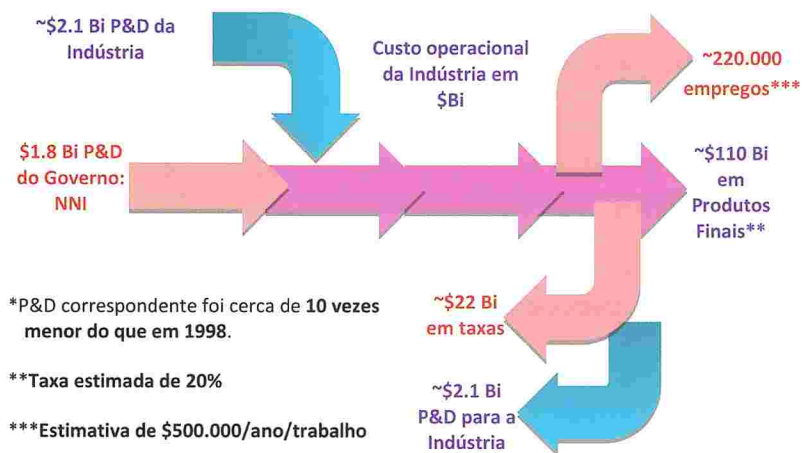


Figura 2. Investimentos anuais do governo americano em P&D em nanotecnologia, em 2010. Figura adaptada de Roco (2011)⁹, com dados atualizados.

1.2. Pesquisa, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia

As publicações em nanociências têm quase triplicado durante a última década (crescimento de 1,5% a 4,2%), confirmando que a nanociência, como campo de conhecimento em nível mundial, está se desenvolvendo muito mais rápido que o conhecimento científico nos demais campos¹⁰.

¹⁰<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>

Apesar dos avanços nas pesquisas científicas brasileiras, a produção e/ou comercialização de produtos com nanotecnologia nacional ainda são pouco expressivas quando comparadas aos países de indústria mais desenvolvida. Embora já nas décadas de 80 e 90 muitos cientistas já trabalhassem nesta área, essa tecnologia só passou a ter repercussão mundial a partir de 2001, com o lançamento do programa americano “National Nanotechnology Initiative – NNI”. Na mesma época, a China lançou seu programa “National Nanotechnology Development Strategy 2001-2010”, semelhante à NNI, e criou o Comitê Nacional para Nanociência e Nanotecnologia (NSCNN), apesar de o país já financiar ações específicas de nanociência e nanotecnologia desde o início da década de 90. O cronograma de implantação dos programas para os principais países que se destacam na área pode ser observado na Figura 3.

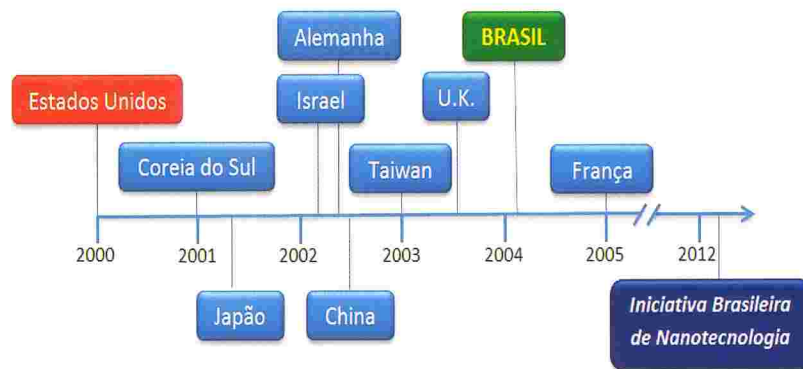


Figura 3. Cronograma de implantação dos programas nacionais de nanotecnologia dos países que se destacam na área.

No Brasil (2001), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) deu o primeiro passo para o desenvolvimento da nanotecnologia através do apoio à formação de quatro redes cooperativas de pesquisa e quatro Institutos (virtuais) do Milênio, com um investimento de R\$30 milhões, para quatro anos. Em 2004, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) lançou, no âmbito do PPA (Plano Plurianual) 2004-2007, o Programa Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia . Este Programa foi elaborado com base nas recomendações de um Grupo de Trabalho instituído em 2003, via Portaria do MCT. Em 2005, o presidente da república Luiz Inácio Lula da Silva e o ministro da Ciência e Tecnologia, Sergio Rezende, lançaram o Programa Nacional de Nanotecnologia. Além dos recursos do PPA, este Programa contou com recursos dos Fundos Setoriais o que elevou o patamar de investimentos do MCTI em nanotecnologia e possibilitou ampliar o número de iniciativas em nanotecnologia.

No que tange à articulação com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), foi realizado um esforço conjunto entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) para a divulgação da nanotecnologia no setor privado, ressaltando a sua importância estratégica como ferramenta à inovação. Foram realizados 13 eventos com esta finalidade entre 2008 e 2009.

Ainda em 2009, conforme recomendação do Comitê Executivo da PDP, foi criado o Fórum de Competitividade (FC) de Nanotecnologia . O FC surgiu como ferramenta estratégica para apoiar a discussão e encaminhamento de iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP .

¹¹http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf

¹²<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna=3&menu=2469>

¹³<http://www.pdp.gov.br/>

O objetivo do FC é aumentar a competitividade do país no mercado mundial por meio da articulação entre as necessidades do setor privado – formado por representantes do meio empresarial e dos trabalhadores - o setor governamental e a academia. O FC busca o consenso em torno de oportunidades e desafios, recomendando metas e ações voltadas para uma nova política industrial de desenvolvimento da produção. Informações adicionais sobre o FC estão discutidas no item 3 deste documento (Página 55).

Em 2011, foram realizadas três chamadas públicas para apoio à execução de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) em Nanotecnologia. Duas no âmbito da cooperação internacional Brasil-Cuba e Brasil-México, e uma visando o apoio à criação de redes cooperativas de P&D em Nanotoxicologia (seis redes apoiadas) e Nanoinstrumentação (duas redes apoiadas).

Em 2011, a CGNT, em parceria com o MDIC e a ABDI, realizou o 1º Workshop Nanotecnologias: da ciência ao mundo dos negócios. Estiveram presentes mais de 300 participantes, incluindo pesquisadores dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologias (INCTs), das Redes de Cooperação com pesquisa em Nanotecnologia, empresários das áreas relacionadas e estudantes de graduação e pós-graduação. As entidades indicaram os gargalos, as demandas e as recomendações em relação à P&D de nanotecnologia pelos pesquisadores.

Em 2012, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) passou a destacar ações estruturantes na área de Nanotecnologia, tais como (i) dar continuidade ao investimento na formação de recursos humanos e melhoria da infraestrutura de

¹⁴<http://www.cnpq.br/editais/ct/2011/docs/020.pdf>

¹⁵<http://www.cnpq.br/editais/ct/2011/docs/021.pdf>

¹⁶<http://www.cnpq.br/editais/ct/2011/docs/017.pdf>

¹⁷Alteração no número de redes constante no edital em função de aporte suplementar de R\$ 1 milhão.

¹⁸<http://workshopnano.abdi.com.br/default.aspx>

instituições de pesquisa, unidades de pesquisa do MCTI e das universidades que desenvolvem pesquisa em Nanotecnologia; (ii) criar políticas voltadas ao aumento do número de empresas com P&D em Nanotecnologia; (iii) estabelecer parcerias internacionais em áreas estratégicas de interesse nacional.

Como desafios para o avanço da Nanotecnologia no Brasil estão os investimentos em P,D&I em nichos potencialmente competitivos e naqueles considerados estratégicos, sem descuidar dos marcos regulatórios, ora em processo de elaboração em nível mundial.

É com base no cenário atual e nas perspectivas futuras que a nanotecnologia se apresenta como uma área prioritária no âmbito de um Governo que busca alavancar seu crescimento econômico por meio do aumento da competitividade de seu sistema de C,T&I, para a melhoria da qualidade de vida da sociedade, considerando os princípios éticos e da sustentabilidade ambiental.

1.2.1. Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia



Uma iniciativa que contribuiu decisivamente para uma maior consistência ao complexo brasileiro de nanotecnologia foi a criação do Programa “Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs)” que passou a ocupar uma posição estratégica no Sistema Nacional de C,T&I.

Os INCTs são focados em áreas específicas do conhecimento para desenvolvimento em longo prazo e apresentam complexidade maior de organização e porte do financiamento. Arelados a um programa bem estruturado de pesquisa científica e/ou tecnológica, os INCT tem como missões: pesquisa, formação de recursos humanos e transferência de conhecimentos para a sociedade. Aqueles voltados à aplicações da C,T&I cabe-lhes, também, a missão de transferir conhecimentos para o setor empresarial.

Dos 122 INCT contemplados pelo Programa, 16 INCT desenvolvem pesquisas em diversas áreas da nanotecnologia. O título, a Instituição coordenadora e a localização destes INCT estão apresentados na Figura 4.

Com metas ambiciosas e abrangentes em termos nacionais, o Programa possibilita a mobilização e integração de forma articulada dos melhores grupos de pesquisa em áreas de fronteira da ciência e em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do País. Impulsiona a pesquisa científica básica competitiva internacionalmente, estimula o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica de ponta associada a aplicações para promover a inovação e o espírito empreendedor, em estreita articulação com empresas inovadoras, nas áreas do Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC).

Além de promover o avanço da competência nacional nas devidas áreas de atuação, criando ambientes atraentes e estimulantes para alunos talentosos do ensino médio ao pós-graduado, o Programa também se responsabiliza pela formação de jovens pesquisadores.

¹⁹http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=354

Apoia a instalação e o funcionamento de laboratórios em instituições de ensino e pesquisa e empresas, proporcionando a melhor distribuição nacional da pesquisa científico-tecnológica, e a qualificação do País em áreas prioritárias para o seu desenvolvimento regional e nacional. Os Institutos Nacionais buscam estabelecer programas que contribuam para a melhoria do ensino de ciências e a difusão da ciência para o cidadão comum.

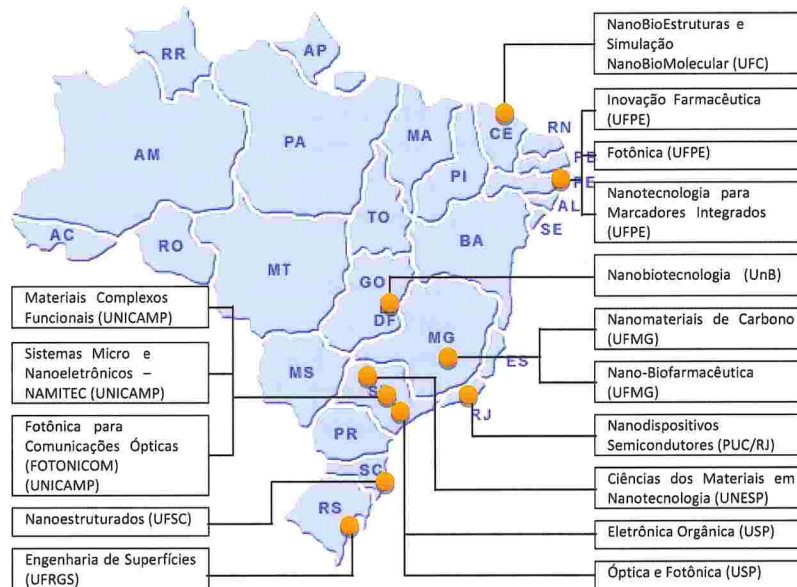


Figura 4. Relação dos INCT de nanotecnologia, Instituição e localização.

O Programa conta com parceria da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC) e as Fundações de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), do Pará (FAPESPA), de São Paulo (FAPESP), Minas Gerais (FAPEMIG),

20http://estatico.cnpq.br/programas/inct/_apresentacao/apresentacao.html

Rio de Janeiro (FAPERJ) e Santa Catarina (FAPESC), Ministério da Saúde e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Exemplos de INCT serão apresentados ao longo deste documento.

1.2.1.1. Transferência de Conhecimento para a Sociedade

Há muito o conhecimento deixou de ser privilégio de poucos. Com a velocidade, quantidade e facilidade de acesso às informações que são geradas, as sociedades tornaram-se o que hoje se chama de sociedade do conhecimento. No entanto, é evidente o vazio que separa as sociedades dos chamados países industrializados daquelas dos países em desenvolvimento.

Esta desigualdade pode residir, dentre outros, tanto na qualidade do acesso à informação ou quanto no processamento da informação. Neste ponto, têm papel fundamental dois fatores: o nível educacional da população, que depende das políticas públicas de educação e a forma como as informações chegam até ela, que depende essencialmente dos cientistas.

O mundo ingressou na terceira revolução industrial – a das novas tecnologias. Com esta nova revolução inaugura-se também um novo olhar sobre toda a condição humana e seu ambiente, seja ele natural ou artificial. Essa nova visão não pode estar dissociada do desenvolvimento humano, que deve ser a condição primeira de uma revolução tecnológica.

Portanto, para que não haja um paradoxo entre a nova visão de mundo e os novos conhecimentos gerados, é preciso que, dentro de um contexto político de participação democrática, a

sociedade compreenda, opine e decida conjuntamente com os atores políticos sobre as estratégias, neste caso, para a ciência, tecnologia e inovação do país. E isto só pode ser efetivado com uma política consistente de transferência do conhecimento para a sociedade, utilizando-se de uma linguagem clara, acessível e eticamente responsável.

Os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), ao serem internalizados pelo Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, conforme expresso no Edital que os criou, passaram a desempenhar importante papel no desenvolvimento científico e tecnológico do País, incluídas, neste, a pesquisa básica e aplicada, a mobilidade entre os grupos de pesquisa, a colaboração científico-tecnológica com setor produtivo, a formação de recursos humanos, a interação com a sociedade.



Fonte: Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
em Materiais Complexos Funcionais - INOMAT

Na interação com a sociedade destaca-se, além da transferência de tecnologia pelo desenvolvimento de produtos e processos colocados à disposição no mercado, a transferência de conhecimentos, que se dá, prioritariamente, pela popularização da ciência, neste caso específico, pela disseminação da nanotecnologia, em linguagem acessível, entre a população leiga do país.

Deste modo, o objetivo do esforço dos INCTs neste âmbito é que a educação nanotecnocientífica deixe o status de conhecimento puramente acadêmico e virtualmente inalcançável, passando a fazer parte do cotidiano da maioria da população brasileira.

A nanotecnologia vem modificando paradigmas tecnocientíficos já estabelecidos, principalmente, no que concerne às características físicas e químicas da matéria. A velocidade com que este conhecimento avança, aliada à curricular falta de educação nanotecnocientífica do País, torna-se um obstáculo ao acompanhamento adequado.

Além disso, sendo uma tecnologia que começa a ser incorporada nas esteiras globais do mercado, é imprescindível que a sociedade tome conhecimento das inovações que estão e que estarão à sua disposição para que ela seja empoderada e tenha autonomia para participar direta e indiretamente sobre seu desenvolvimento, circulação e consumo. É o que pode ser chamado de controle social no processo democrático de formulação de estratégias nacionais de ciência e tecnologia.

O encurtamento desta distância - entre a academia e a sociedade - a ser proporcionado pelos INCTs possibilitará, em sinergia com outras políticas públicas, a distribuição simétrica do conhecimento e o consequente desenvolvimento social e econômico brasileiro. Pois, como expresso na Declaração sobre a Ciência e a Utilização do Conhecimento Científico, da UNESCO: "a educação científica é essencial ao desenvolvimento humano".

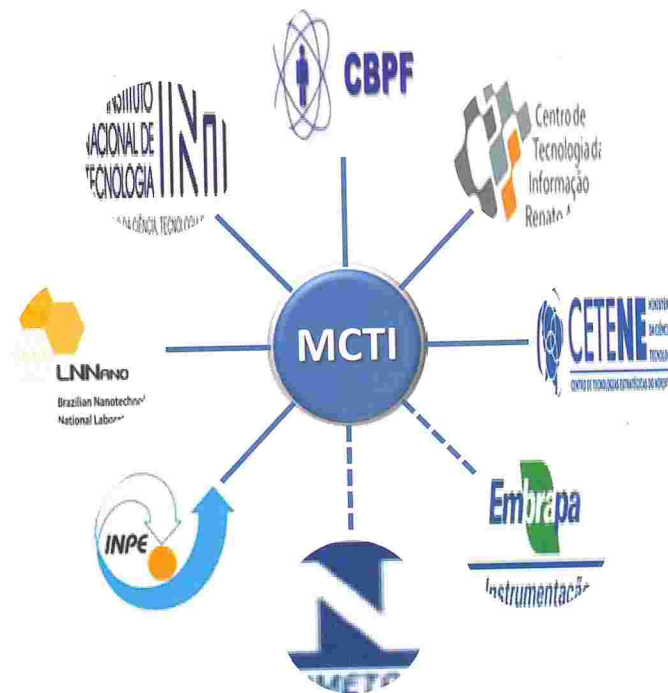
Neste âmbito, os INCTs ligados às pesquisas nanotecnocientíficas participaram de um workshop promovido pela Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias - CGNT, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, em abril de 2012. No evento, os institutos apresentaram projetos e resultados em torno do tema da divulgação científica à sociedade.

Os meios de divulgação dos INCTs mostraram-se bastante diversificados, didáticos e atualizados, utilizando, além dos meios tradicionais de comunicação (palestras, livros, imprensa escrita e falada, peças de teatro), as modernas ferramentas de comunicação em massa da rede mundial de computadores, como blogs, redes sociais, portal de compartilhamento de vídeos, revistas e jornais eletrônicos e as próprias páginas na internet.

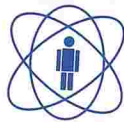


Base de apoio com cimento com nanotubo de apoio. Fonte: Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia em Nanomateriais de carbono - INCT - Nanocarbono.

1.2.2. Unidades de Pesquisa que atuam em Nano- ciências e Nanotecnologias



A seguir serão listadas algumas unidades de pesquisa em Nanociências e Nanotecnologias, apoiadas direta ou indiretamente pelo MCTI, demonstrando suas linhas de pesquisa.



O CBPF é uma unidade do MCTI criada em 1949 e sediada no município do Rio de Janeiro, do Estado do Rio de Janeiro, e tem como missão “Realizar pesquisa básica em Física e desenvolver suas aplicações, atuando como instituto nacional de Física do MCT e polo de investigação científica e formação, treinamento e aperfeiçoamento de pessoal científico”.

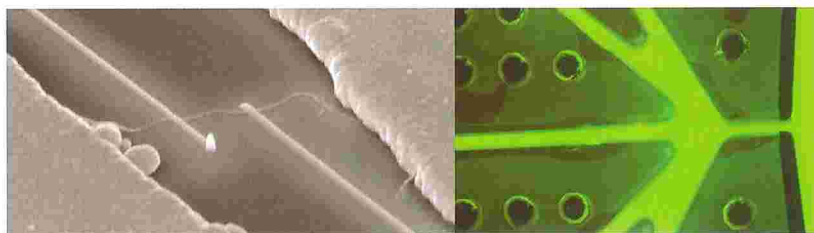
O Laboratório Multiusuário de Nanociência e Nanotecnologia (LABNANO), pertencente ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), integra um conjunto de sistemas e serviços abertos à comunidade científica, tecnológica brasileira e visa dar suporte para o desenvolvimento nacional em ciência, tecnologia e inovação na nanoescala.

Com foco em microscopia e nanoinstrumentação, o LABNANO atua nas seguintes áreas:

-Síntese de nanomateriais e nanofabricação por métodos físicos, nanolitografia, sputtering, evaporação por e-beam;

- Síntese de nanoestruturas por métodos químicos (eletrodeposição): nanofios metálicos e não metálicos, nanotubos, filmes planos;
- Física de superfícies e interfaces biocompatíveis: hidroxiapatita e similares;
- Nanoestruturas para drug delivery: micro e nanopartículas;
- Nanotoxicologia;
- Nanomagnetismo e Spintrônica (propriedades magnéticas, magnetotransporte e injeção de spin em nanoestruturas magnéticas);
- Síntese de nanomateriais (nanofios) com aplicações em fotônica.
- Dispositivos micro e nanoestruturados (MEMS - sistemas microeletromecânicos e NEMS - sistemas nanoeletromecânicos).
- Desenvolvimento de processos em nanofabricação.
- Dinâmica da magnetização em nanoestruturas.
- Materiais multifuncionais nanoestruturados.
- Supercondutividade e magnetismo em materiais nanoestruturados.
- Nano-osciladores de torque de spin.
- Células fotovoltaicas nanoestruturadas.
- Nanotubos, grafeno e sistemas nanoestruturados à base de carbono.





O CTI é uma unidade do MCTI criada em 1982 e sediada no município de Campinas, do Estado de São Paulo, e tem como missão “Gerar, aplicar e disseminar conhecimentos em Tecnologia da Informação, em articulação com os agentes socioeconômicos, promovendo inovações que atendam às necessidades da sociedade”.

O CTI atua nas seguintes áreas:

- 1) Nanofabricação
 - a. Nanofotônica;
 - b. Nanolitografia por feixe de elétrons;
 - c. Nanolitografia por nanoimpressão (NIL – nanoimprinting lithography);
 - d. Dispositivos semicondutores baseados em nanomateriais [Sensores, OPV (organic photovoltaic), DSSC (dye sensitized solar cell), OFET (organic field transistor) e OLEDs (organic light-emitting diode)];
 - e. Encapsulamento de sensores de nanotubos de carbono.

- 2) Síntese, caracterização e análise de nanomateriais funcionais:
- a. Nanopartículas metálicas para aplicação nas áreas médica e componentes eletrônicos;
 - b. Automontagem de biomoléculas/nanopartículas metálicas;
 - c. Filmes condutores e transparentes de nanotubos de carbono e grafeno;
 - d. Quantum dots de grafeno;
 - e. Compósitos de nanopartículas semicondutoras e fulerenos com polímeros condutores;
 - f. Compósitos de cristais líquidos e nanomateriais;
 - g. Nanoestruturação de superfícies;
 - h. Nanodielétricos.



**Centro de Tecnologias
Estratégicas do Nordeste
(CETENE)**

O CETENE é uma unidade de pesquisa do MCTI criada em 2005 e sediada no município de Recife, do Estado de Pernambuco, e tem como missão “Desenvolver, introduzir e aperfeiçoar inovações tecnológicas que tenham caráter estratégico para o



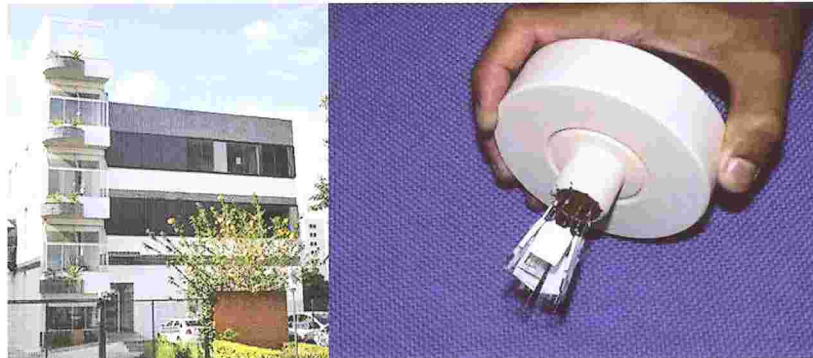
desenvolvimento econômico e social do nordeste brasileiro, promovendo cooperações baseadas em redes de conhecimento e nos agentes da economia nordestina”.

O laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE foi criado como parte do Plano de Ação do MCT 2007-2010, na linha de ação “Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T&I”.

Projetos em execução no CETENE:

- Sistemas fotoquímicos nanoestruturados para produção de hidrogênio e suas aplicações;
- Filmes estruturados com corantes nanoparticulados para sistemas fotovoltaicos;
- Propriedades ópticas lineares e não-lineares de nanopartículas metálicas;
- Sistemas auto-organizados como direcionadores da formação de nanopartículas metálicas em formulações para tratamento de cáries;
- Novos materiais para a fabricação de próteses faciais à base de silicone.





A Embrapa Instrumentação Agropecuária, criada em 1984, é uma unidade de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), ligada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e que desenvolve projetos com foco em:

- Sensores, biossensores, língua e nariz eletrônicos para avaliação de qualidade de produtos agropecuários e do meio ambiente;

- Filmes, revestimentos e embalagens ativas, inteligentes e biodegradáveis para alimentos;

- Bionanocompósitos;

- Novos Materiais de fonte renovável e com aplicação ao agronegócio;

- Aspectos de segurança e toxicologia em nanotecnologia;

- Inovação e transferência de tecnologia em nanotecnologia aplicada ao agronegócio.



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)



O Inmetro é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

No âmbito de sua ampla missão institucional, o INMETRO objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços.

Sua missão é prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País.

Dentre as áreas de pesquisa do INMETRO destacam-se:

- Nanometrologia, nanotoxicidade (Ensaio de toxicidade in vitro);
- Nanofluidos, grafenos, produção de material de referência de nanopartículas, nanocosméticos e OLEDs, nanotribologia;
- Biocombustíveis.

O INMETRO através do serviço de atendimento ao cliente (Samci@inmetro.gov.br) presta rotineiramente apoio à indústria e outros centros de pesquisa.



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)



O INPE é uma unidade de pesquisa do MCTI criada em 1971 e sediada no município de São José dos Campos, do Estado de São Paulo. Tem como missão “Produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil”.

As atividades em nanotecnologia e nanociências no INPE estão basicamente localizadas nos Laboratório Associado de Sensores e Materiais (LAS), Laboratório Associado de Plasma (LAP) e Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP).

As pesquisas estão focadas em:

- Nanoestruturas de compostos semicondutores do grupo IV-VI e respectivas ligas com európio, com aplicação em dispositivos ópticos na região do infravermelho médio e sensores magneto-eletrônicos;
- Teoria em nanoestruturas semicondutora e em dispositivos para spintrônica;
- Filmes de diamante CVD nanoestruturados para

aplicações em eletroquímica, coberturas para ferramentas, janelas ópticas, entre outras;

- Filmes de carbono tipo diamante (DLC) como lubrificante sólido para aplicações espaciais e industriais;

- Nanotubos de carbono para compósitos estruturais e supercapacitores;

- Polímeros condutores – Polianilina;

- Nanocerâmicas e nanopós para aplicações ambientais (sensores para monitoramento de umidade do ar/solo e mitigação de efeito estufa);

- Nanocerâmicas, nanopós e nanocompósitos para aplicações espaciais (controle térmico de satélites, blindagem contra micrometeoritos, microdebris e radiação ionizante);

- Pesquisa e desenvolvimento em processos microeletrônicos e micromecânicos para o desenvolvimento de sensores MEMS (microelectromechanical system) do tipo inercial;

- Estudo de silício poroso para aplicação em sensores ambientais e células solares;

- Células solares de silício e de múltipla-junção para aplicações espaciais;

- Implantação iônica por imersão em plasma para tratamento de superfícies de diversos materiais;


- Pesquisa e desenvolvimento de catalisadores para decomposição da hidrazina usada em propulsão espacial e catalisadores para o craqueamento e hidrotreamento de petróleo;

- Catálise e reforço de materiais: metais suportados sobre nanofibras e nanotubos de carbono aplicados a processos industriais, tais como remoção de enxofre de frações de petróleo e síntese de Fischer-Tropsch;

- Micropropulsão de satélites e plataformas orbitais, bem como motores de rolamento de veículos lançadores de satélites: metais nobres suportados sobre aluminas especiais, dispersos na forma de partículas com 2 a 10 nm de tamanho médio;

- Meio Ambiente: transportadores de oxigênio, tais como NiO/alfa-Al₂O₃ e La_{0,6}Sr_{0,4}NiO₃, apresentando partículas

nanométricas de NiO e Ni, aplicados na captura de CO₂ gerado na combustão de combustíveis gasosos (processo Chemical-Looping Combustion), e na captura de CO₂ e produção de H₂ com geração de energia limpa (processo Chemical-Looping Reforming).

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA  Instituto Nacional de Tecnologia (INT)



O INT é uma unidade de pesquisa do MCTI criada em 1921 e sediada no município do Rio de Janeiro, do Estado do Rio de Janeiro, e tem como missão “Participar do desenvolvimento sustentável do Brasil, por meio da pesquisa tecnológica, da transferência do conhecimento e da promoção da inovação”.

Em junho de 2010 o INT criou o CENANO (Centro de caracterização em nanotecnologia), dispondo de uma infraestrutura de microscopia avançada e projetos de desenvolvimento e inovação com ação transversal, atendendo às demandas estratégicas do País como o pré-sal, etanol de segunda

geração, recursos e energia renováveis, saúde e defesa.
Suas linhas de pesquisas são focadas em:

- Metalurgia, biomateriais (implantes cirúrgicos ortopédicos e dentais metálicos);
- Processamento de nanocompósitos poliméricos;
- Cerâmicas nanoestruturadas transparentes;
- Membranas cerâmicas. Classe nanofiltração;
- Membranas. Classe ultrafiltração
- Compósitos estruturais reforçados por nanopartículas;
- Síntese de catalisadores nanoestruturados/nanocatalisadores (nove parcerias com a Petrobras);
- Síntese de nanoestruturas mono e bidimensionais (1D e 2D), particularmente a base de metais de transição (parceria com a Universidade Paul Cézanne/Aix-Marseille III (França));
- Desenvolvimento de nanocatalisadores (parceria com a Universidade do Porto - Portugal);
- Nanotopografia da superfície do titânio para otimização da biocompatibilidade de implantes cirúrgicos;
- Deposição de revestimento biocerâmico em titânio poroso para uso em implantes;
- Desenvolvimento de biomateriais nanoestruturados baseados em biocerâmicas para - regeneração do tecido ósseo e engenharia tecidual.



Laboratório Nacional da Nanotecnologia (LNNano)



O Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) teve origem no Centro de Nanociências e Nanotecnologia César Lattes (C2Nano) do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CEPEM). Está equipado com microscópios eletrônicos de última geração, abertos ao uso por pesquisadores externos. No LNNano estão agrupados o laboratório de Tunelamento e Força Atômica, destinado a pesquisas sobre materiais semicondutores e sistemas nanoestruturados; o laboratório de Microscopia Eletrônica, equipado com microscópios para a caracterização de materiais; e o laboratório de Microfabricação, que dispõe de equipamentos para desenvolver componentes e processos em escala micrométrica.

As pesquisas estão focadas nas seguintes áreas:

- Processamento avançado de metais, nanoestruturas metálicas em uniões por atrito, mecanismos de falhas;
- Membranas semicondutoras e dispositivos baseados em membranas, nanoagulhas e nanopartículas;
- Sensores e dispositivos para diagnóstico ambiental e na área de saúde;

-Materiais nanoestruturados derivados da biomassa e de resíduos abundantes;

-Metodologia em microscopia eletrônica: criomicroscopia de partículas singulares, para determinação estrutural de proteínas;

-Metodologia em caracterização de materiais: espectrometria vibracional com resolução espacial nanométrica;

-Dispositivos e nanoestruturas para a geração e armazenagem de energia elétrica.

1.2.3. Redes de Pesquisa

Entre suas ações prioritárias, o MCTI prevê o estímulo ao desenvolvimento de áreas emergentes, onde haja a necessidade de formação de uma massa crítica de pesquisadores e técnicos qualificados. Neste sentido, o Programa Nacional de Nanotecnologia fomenta o avanço científico-tecnológico e a competitividade internacional da C,T&I, o desenvolvimento regional, a interação entre empresas e centros de pesquisa, públicos ou privados, com vistas à formação de recursos humanos, à geração de empregos qualificados, à elevação do patamar tecnológico da indústria nacional e à aceleração do desenvolvimento econômico do País.

A formação de redes cooperativas de P&D em N&N, envolvendo diferentes atores do sistema de inovação, facilita a transferência de conhecimento e contribui para o crescimento e competitividade da indústria nacional. As primeiras redes cooperativas apoiadas pelo MCTI foram as Redes Brasil Nano (Portaria nº 614, de 1º de dezembro de 2004).

Em 2010, 17²² novas redes cooperativas foram apoiadas através do Edital MCT/CNPq Nº 74/2010²³. Em 2011 foi aberta uma Chamada Pública MCTI/CNPq Nº 17/2011²⁴, “Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação”. Todas as redes buscam a solução de gargalos tecnológicos da indústria brasileira.

Foram aprovadas seis redes de nanotoxicologia²⁵ e duas redes de nanoinstrumentação²⁶.

As 25 redes cooperativas apoiadas atualmente pelo MCT estão indicadas na Figura 5 e os grupos contemplados podem ser consultados através das notas 22, 25 e 26

²¹http://www.mct.gov.br/upd_blob/0009/9518.pdf

²²http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=encerradas&detalha=chamadaDetalhada&exibe=exibe&idResultado=47-100-1252&id=47-100-1252

²³<http://resultado.cnpq.br/2355739268393159>

²⁴<http://resultado.cnpq.br/2828383503512266>

²⁵http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=resultados&detalha=chamadaDetalhada&exibe=exibe&idResultado=412-1-1486&id=412-1-1486

²⁶http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=resultados&detalha=chamadaDetalhada&exibe=exibe&idResultado=412-2-1486&id=412-2-1486



Figura 5. Redes cooperativas de nanotecnologia apoiadas atualmente pelo MCTI.

2. NANOTECNOLOGIA E ÁREAS DE ATUAÇÃO

2.1. Aeroespacial



Vários são os exemplos de aplicações aeroespaciais da nanotecnologia. Desde a possibilidade de interfaces homem/máquina altamente sofisticadas, até novos materiais inteligentes com a capacidade autorregenerativa e de conexão em rede. Os mesmos produtos têm evidentes aplicações comerciais, por exemplo, no monitoramento remoto de pacientes crônicos ou apoio à população em áreas longínquas. Por outro lado, o espectro do desenvolvimento de novas armas de destruição em massa, de controle de multidões ou de imobilização individual, está sempre presente quando se trata de novas tecnologias tão poderosas.

A indústria aeroespacial teve suas raízes nos laboratórios da Força Aérea Brasileira (FAB), especialmente no antigo Centro Tecnológico Aeroespacial - CTA, e no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. O setor aeroespacial é o de maior valor agregado para o Brasil (enquanto o minério de ferro é vendido a US\$ 0,30/kg, os produtos aeronáuticos são vendidos a US\$10.000/Kg e produtos espaciais por US\$50.000/Kg). Estes dois últimos números constituem o maior valor agregado entre todos os produtos comercializados, inclusive quando comparados a fármacos e eletrônicos.

2.2. Agronegócio



No agronegócio, as principais linhas são desenvolvimento de sensores e biossensores, aplicados ao controle de qualidade, certificação e rastreabilidade de alimentos; caracterização e síntese de novos materiais, como polímeros e materiais nanoestruturados com propriedades específicas; filmes finos e superfícies para fabricação de embalagens inteligentes, comestíveis; e superfícies ativas; nanopartículas, compósitos e fibras para o desenvolvimento de materiais reforçados, usando produtos naturais, como fibras de sizal, juta, coco e outras para aplicações industriais; nanopartículas orgânicas e inorgânicas para liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos e plantas, de fármacos para uso veterinário; nanobiotecnologia - para caracterização de material genético e nanomanipulação gênica; caracterização de materiais de interesse do agronegócio para obtenção de informações inéditas sobre partículas de solos e plantas, bactérias e patógenos de interesse agrícola.

Cabe destacar o desenvolvimento da Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio da Embrapa Instrumentação Agropecuária (CNPDI/A), com potencial para geração de novos conhecimentos com possibilidades de uso na agricultura, como o desenvolvimento de um sistema automatizado para confecção das superfícies sensoras; os ensaios para desenvolvimento de sensores para biocombustíveis; a definição e comprovação da atividade de alguns biopolímeros indicados para uso em revestimentos; a definição da metodologia padrão de revestimento de frutos tropicais; e o desenvolvimento de processos

e avaliação de microelétrodos. Um dos produtos gerados pela rede é a chamada “língua” eletrônica, com sensores que mimetizam o trabalho do homem em tarefas tão díspares como a medição da umidade do solo e da maturação de frutos até a detecção de bactérias em derivados do leite ou da febre aftosa no rebanho bovino (Figura 6). Em outras frentes, os cientistas desenvolvem plásticos comestíveis para embalagens de alimentos, nanofibras de celulose a partir do bagaço de cana e ainda nanopartículas magnéticas para a descontaminação de pesticidas em água.



Figura 6. Língua eletrônica desenvolvida pelo CNPDIA.

2.3. Defesa



Seminário Internacional
NANOTECNOLOGIA E DEFESA
Atualidade e Perspectivas

Desde 1997, as forças armadas de diversos países acompanham e participam do desenvolvimento de nanotecnologias e muitas já as incorporam em seus projetos de inovação, por meio de iniciativas e programas, especialmente nos seus projetos voltados para o Soldado do Futuro. As aplicações nanotecnológicas podem

ser usadas para melhorar a sobrevivência, a sustentabilidade, a mobilidade, a eficiência de combate e a qualidade de vida dos combatentes.

Dessa forma, é natural que as inovações tecnológicas ocupem papel de destaque na formulação das estratégias de segurança e de defesa. Pesquisas nos campos da biotecnologia e da nanotecnologia recebem cada vez mais investimentos, visando a aplicações e aproveitamento pelos setores militares.

Ciente da importância desse contexto mundial, o Exército Brasileiro iniciou a mobilização para elaborar diretrizes estratégicas nesse campo e um dos projetos contemplados será o do Combatente Brasileiro do Futuro (COBRA).

O primeiro movimento nessa direção aconteceu nos dias 26 e 27 de outubro de 2009, com a realização do Seminário Internacional "Nanotecnologia e Defesa: Atualidade e Perspectivas", em Brasília. Promovido pelo Estado-Maior do Exército, com apoio da Fundação Trompowsky, o evento teve por objetivo debater e compreender as quebras de paradigmas proporcionadas pela nanotecnologia nos setores militares e, da mesma forma, avaliar como cada país define o papel destas inovações nas suas forças armadas.

O Seminário reuniu autoridades militares, cientistas e especialistas, do Brasil e do exterior, que apresentarão visões estratégicas e suas experiências, tendo como foco as inovações nanotecnológicas e seus impactos nos setores de defesa e segurança.

Na busca por desenvolver o equipamento do soldado do futuro, o Exército Brasileiro (EB) decidiu priorizar investimentos na área de nanotecnologia. Além de uniformes, armamentos e veículos blindados que poderão ser feitos com a nanotecnologia, pode-se imaginar navios e aeronaves mais leves, maiores e muito

mais resistentes. O EB também quer chegar a materiais de uso DUAL (civil e militar).

2.4. Energia



Um painel de 63 especialistas em todo o mundo foi convidado pelo Centro Canadense Conjunto de Bioética (JCB) para identificar as áreas mais promissoras da nanotecnologia. O jornal BBC News, em seu caderno de Ciência e Meio Ambiente²⁷, destacou no dia 11/04/2005 as áreas promissoras em nanotecnologia, apontando que o desenvolvimento econômico e o consumo de energia estão intimamente ligados. O desenvolvimento de materiais nanoestruturados para produção de células solares e células combustíveis de hidrogênio representam uma forma alternativa de se produzir energia limpa, dando uma alternativa aos países que ainda dependem dos combustíveis fósseis não-renováveis.

Merece destaque o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia e Ambiente, com 29 pesquisadores principais e cuja linha de pesquisa em nanotecnologia está direcionada à combustão em motores estacionários e em dinamômetro de rolos e o impacto dos gases e material particulado (em escala micrométrica e nanométrica) emitidos na atmosfera de centros urbanos brasileiros. O Instituto está sediado na Universidade Federal da Bahia (UFBA), no Centro Interdisciplinar em Energia e Ambiente, que engloba grupos de pesquisa em química, engenharia, física, biologia e geociências.

²⁷<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4421867.stm>

2.5. Meio ambiente



Questões de segurança são importantes em nanotecnologia e precisam ser abordadas antes que os produtos provenientes desta plataforma tecnológica emergente cheguem ao mercado em grande escala. Muitos aspectos incluindo a ética e novas formas de prevenir a geração de resíduos durante a fabricação ou manipulação de nanomateriais são pontos-chave nessa discussão. Os primeiros passos para qualquer resultado em nanotecnologia iniciam-se com a fabricação e/ou processamento de nanomateriais (purificação, funcionalização etc.). Estratégias para reciclagem e eliminação segura de resíduos devem estar presentes a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável dessa tecnologia emergente. Deve-se pensar sobre o ciclo de vida dos nanomateriais e esta avaliação exige estratégias com tecnologias ambientalmente corretas que impeçam a sociedade de enfrentar problemas de saúde e ambientais. Portanto, o desenvolvimento sustentável das nanotecnologias dependerá do desenvolvimento da habilidade de controlar riscos sanitários e ambientais, não criando ou pelo menos minimizando os problemas futuros semelhantes àqueles enfrentados perante as tecnologias desenvolvidas no século passado. Os nanotubos de carbono estão entre os materiais mais promissores para a nanotecnologia²⁸.

Dentro desta temática, merece destaque o INCT em Nanomateriais de Carbono, que possui 54 pesquisadores incluindo físicos, químicos, biólogos e engenheiros e congrega 19 instituições de pesquisa e empresas em oito Estados do Brasil. Uma de suas premissas é a SMS - segurança, meio ambiente e saúde e dentre as linhas de pesquisa está o estudo da toxicidade dos

²⁸http://iopscience.iop.org/1742-6596/304/1/012024/pdf/1742-6596_304_1_012024.pdf

²⁹<http://www.nanocarbono.net/>

nanomateriais de carbono e possíveis efeitos sobre a saúde e meio ambiente.

O mercado estimado para produtos ambientalmente corretos que fazem uso da nanotecnologia é bastante promissor como mostra a Tabela 1.

Há muitos desafios a serem vencidos, seja no custo dos produtos finais, no rendimento dos equipamentos ou mesmo na capacidade industrial para produção dos mesmos. O Brasil se encontra hoje em posição bastante defasada a produção e inserção de produtos nanotecnológicos ambientalmente corretos.

Um desafio a ser vencido pelo país é a capacitação dos setores acadêmico e industrial para a produção e inserção da nanotecnologia para benefício do meio ambiente. A área ambiental deve, portanto ser prioritária nas políticas públicas para nanotecnologia.

Tabela 1. Potencial de mercado para Nanotecnologia associada à Economia Ambiental.

Nanotecnologia/ Aplicação	Benefícios Ambientais	Estimativa de Mercado	Problemas e Desafios
Células solares com dispositivos nanoestruturados	Materiais mais baratos, menos tóxicos e em maior quantidade.	US\$1.2 bilhões para 2011 (estimativa de 2007)	Células fotovoltaicas nanoestruturadas precisam atingir o rendimento e o custo das células solares não orgânicas existentes.
Armazenamento de Energia	Melhorar a performance de materiais existentes (ex.: carga mais rápida, maior vida de prateleira) e uso prolongado de novos e mais baratos, estáveis, duráveis e eficientes	US\$3.7 bilhões em 2011 (estimativa de 2007)	Substitutos para ma- teriais raros ainda não estão tecnologicamente disponíveis.
Nanogeradores	Autoalimentação de pequenos dispositivos eletrônicos	Ver estimativa para armazenamento energético.	Aplicação de nano- geradores espera a comercialização pelo Mercado*. *Já há no mercado netbooks parcialmente alimentados por energia solar

Energia Térmica	Integração de materiais existentes para melhores características isolantes, proteção UV e resistência à água.	Aerogéis: US\$646,3 milhões em 2013	Custo desses materiais comparados aos materiais de produção tradicional ainda é alto. A grande integração de nanotecnologia integrada a produtos já existentes torna difícil separar a contribuição dos componentes nanotecnológicos.
		Vidro com nanofilme: US\$1 bilhão em 2010.	
Catálise de combustíveis Catálise de combustíveis	Melhor eficiência e desempenho no uso de combustíveis.	US\$5-US\$8 bilhões por ano em 2008.	Assumir que a nanotecnologia derivada de métodos sintéticos pode ser aplicada para todo o Mercado de catálise de combustíveis.
Tratamento da água, dessalinização, reutilização.	Novas fontes de água limpa e segura.	US\$6,6 bilhões em 2015	O Mercado está nos países em desenvolvimento enquanto que a Tecnologia pertence aos países desenvolvidos e a China. A comercialização pode ser limitada por questões sobre saúde e ambiente.

Dados obtidos de Philip Shapira/Jan Youtie, Simpósio sobre Nanotecnologia promovido pela OECD/NNI, em 16/03/2012.

2.6. Nanodispositivos



Os produtos de eletrônica, informática e telecomunicações atualmente, sejam estes de uso profissional ou de consumo, dependem de displays para sua operação. Há uma ampla variedade de tecnologias de displays capazes de manipular a cor, o brilho e outros detalhes da imagem. Esse mercado multibilionário (US\$ 120 Bi em 2011) é amplamente dominado pela tecnologia LCD (Liquid Crystal Display). No entanto, na última década tem-se observado o desenvolvimento de tecnologias como os OLEDs (Organic Light-Emitting Diode) e os displays reflexivos biestáveis (E-ink, electrowetting, Bi-Nem). Essas tecnologias se alicerçam, principalmente, na chamada eletrônica flexível onde o substrato base não é mais o silício ou o vidro e, sim, filmes plásticos ou metálicos. O uso de nanotecnologia é uma abordagem emergente para aumentar a qualidade das imagens, a fidelidade às cores e reduzir o consumo de energia das diversas tecnologias de displays. Há um projeto proposto pelo Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer em parceria com os demais Institutos Nacionais de Pesquisa que atuam em Nanotecnologia se propõe a colocar o Brasil na vanguarda em termos de nanotecnologia aplicada a displays.

Apesar de ser um grande produtor de dispositivos eletrônicos de consumo, o Brasil ainda depende da importação de semicondutores e displays para atender suas linhas de produção. Hoje, o país está entre os cinco maiores mercados mundiais de eletrônica de consumo, e alcançou a terceira posição em

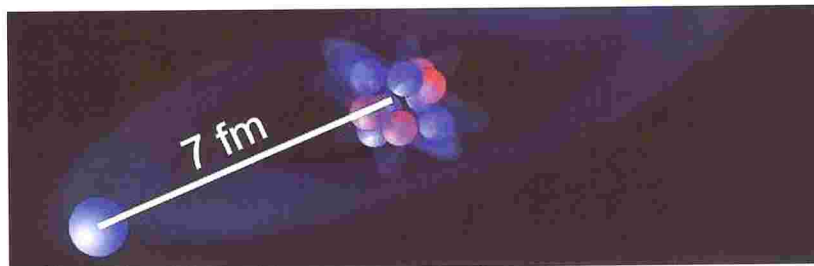
PCs (Personal computer) e TVs em 2011. A produção local de computadores pessoais representa 70% da demanda do mercado interno. O Brasil também é um importante fabricante de telefones celulares, atendendo a demanda de 70 milhões de unidades de telefone celular por ano. No entanto todos os displays contidos nestes dispositivos são importados. A crescente demanda interna por computadores, telefones celulares, televisores e outros dispositivos eletrônicos faz do mercado brasileiro de semicondutores e displays um dos mais atrativos do mundo. O governo brasileiro tem priorizado a indústria de dispositivos eletrônicos por meio de sua Política de Desenvolvimento Produtivo devido a sua relevância para o desenvolvimento tecnológico. A fim de aumentar a competitividade no setor e atrair empresas estrangeiras de dispositivos eletrônicos, o governo brasileiro estabeleceu o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS), que apresenta incentivos para redução de impostos sobre produção e exportações. Neste contexto, novas tecnologias para displays baseadas em nanotecnologia constituem uma oportunidade para que o Brasil conte com uma indústria de componentes modernos, adensando e enraizando a cadeia produtiva de dispositivos eletrônicos no país.

O projeto é uma ação sinérgica entre diversas instituições brasileiras de pesquisa e desenvolvimento visando a produção de displays de alto desempenho e baixo consumo de LCD e OLED usando nanotecnologia. Serão estudados sistemas compósitos de cristal-líquido e nanopartículas metálicas e semicondutoras, substituição de eletrodos transparentes por filmes de nanotubos de carbono e grafeno, desenvolvimento de unidades de retroiluminação (backlight) e filmes de incremento de brilho utilizando quantum dots semicondutores, nanodielétricos e transistores emissores de luz de nanotubos de carbono.

O resultado principal do projeto será uma propriedade intelectual que melhore as condições de negociação do País com empresas que estão se instalando em território nacional para a

produção de LCDs-TFTs (Thin film transistor liquid crystal display). Esta propriedade intelectual, caso as instituições brasileiras sejam bem sucedidas no seu papel de promover inovação, pode ser crítica para a nova geração de displays, colocando os detentores da mesma no caminho crítico da tecnologia e, portanto, da evolução industrial do setor. Além disso, os seguintes resultados específicos são almejados: (i) Sistemas nanocompósitos para displays de LCD; (ii) Filmes transparentes e condutores de nanotubos de carbono e grafeno para displays; (iii) Sistemas de retroiluminação para LCDs e incremento de brilho usando Quantum Dots Semicondutores; (iv) Arranjos de transistores emissores de luz usando nanotubos de carbono e nanodielétricos.

2.7. Nanometrologia



A nanometrologia tem um papel crucial na produção de novos materiais e dispositivos com um alto grau de precisão e confiabilidade. Nanometrologia envolve não somente medidas de comprimento e tamanho, como também medidas de força, massa, propriedades elétricas e outras mais. A nanometrologia é uma parte indispensável no avanço da nanotecnologia, permitindo controle preciso das propriedades dos objetos. Para a aplicabilidade da nanometrologia é importante desenvolver e estabelecer padrões de medidas (incluindo amostras de referência) e instrumentação científica adequada, pois as técnicas de medidas desenvolvidas para materiais convencionais em muitos casos não podem ser simplesmente aplicadas em nanoestruturas. Novos fenômenos físicos aparecem quando as dimensões do sistema tendem para a

escala nanométrica o que requer conhecimento e capacidade para medi-los.

O desenvolvimento de cadeias de rastreabilidade metrológica para análises de propriedades de materiais em escala nanométrica é fundamental frente aos vários desafios encontrados no desenvolvimento e comercialização de produtos que contenham componentes nanotecnológicos. Esses desafios vão desde o estabelecimento da relação entre as características dimensionais e as propriedades de nanomateriais, necessário para atividades de pesquisa e desenvolvimento pelo setor industrial, até o desenvolvimento de normas para utilização e comercialização de tais produtos. Com relação a esse último aspecto, a comprovação da adequação de um produto nanotecnológico a normas preestabelecidas (avaliação da conformidade), também depende da rastreabilidade metrológica e é um fator de competitividade de mercado. O desenvolvimento dessas cadeias depende da criação de padrões secundários ou materiais de referência certificados (MRC) para medidas de comprimento e outras características relevantes na referida escala de tamanho, sendo que tais materiais podem ser utilizados na calibração de instrumentos de medição de nanomateriais.

As principais técnicas de medição envolvem microscopias de força atômica (AFM), de varredura por tunelamento (STM), eletrônica de varredura (SEM), eletrônica de transmissão (TEM) e de feixe de íons focalizados (FIB). Além das ferramentas e técnicas de medição, é necessário um guia inquestionável de como interpretar os resultados medidos de uma perspectiva prática. A área de nanometrologia é um promissor campo de descobertas em ciência básica e visa a oferecer futuras oportunidades de novos produtos. Atualmente, as microscopias eletrônicas de varredura (MEV), de transmissão (MET), de transmissão e varredura e de feixe de íons (FIB) estão cada vez mais acessíveis a pesquisadores de universidades, centros de pesquisa e empresas. A combinação com outras técnicas complementares como microscopia de força

atômica (AFM), microscopia de tunelamento (STM), difração e fluorescência de raios X, espectroscopia Raman, infravermelho e outras, é essencial para resolver problemas nas diversas áreas.

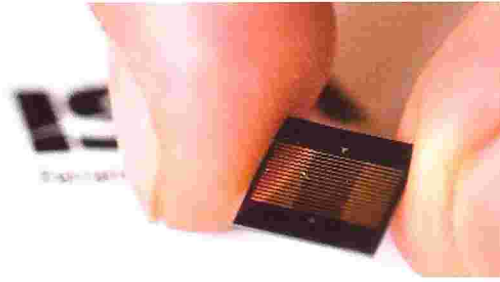
Com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), em 2007 o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) adquiriu um microscópio eletrônico Titan (Figura 7), o que tornou este Centro de Nanometrologia o mais avançado do continente sul-americano. O Laboratório de Nanometrologia Teórica (Lateo) do INMETRO desenvolve atividades em teoria de materiais nanoestruturados que envolvem o cálculo de propriedades estruturais, dinâmicas, eletrônicas e ópticas de uma variedade de sistemas. Essas atividades fornecem suporte fundamental aos estudos experimentais desenvolvidos na área de materiais. Dentre as linhas de Pesquisa pode-se citar:

- Estudo de superfícies e interfaces de óxidos de metais de transição;
- Estudo de moléculas para dispositivos orgânicos emissores de luz;
- Estudo de materiais nano-estruturados de carbono.



Figura 7. Microscópio eletrônico Titan, adquirido pelo INMETRO, com o apoio da FINEP.

2.8. Nanossensores



2.8.1. Nanossensores e atuadores: Sistema de detecção e diagnóstico

Sensores e atuadores são dispositivos de amplo espectro utilizados tanto no monitoramento de processos industriais quanto em assuntos ligados à saúde e segurança humana. Nesse contexto destacam-se os dispositivos de segurança (nacional, pessoal, ambiental, sanitária e alimentar) e atuadores que possibilitam a correção automática de erros ou mudanças de percurso. Nanotecnologias são decisivas para a miniaturização e multiplicação do uso de sensores e atuadores, viabilizando a sua massificação, estimulando a criação ou o aperfeiçoamento de sensores destinados a muitas novas aplicações, que até recentemente seriam inconcebíveis. A intensidade da aceleração da atividade global de P&D&I nesta área pode ser exemplificada pelos números relativos aos pedidos de patentes (applications) no United States Patent and Trademark Office - USPTO. De 2001 até o presente registram-se 2195 pedidos com as palavras-chaves "sensor" e "nanotechnology", sendo que em 2011, até o presente, já foram registrados 366 pedidos.

Alguns tipos de sensores especialmente importantes:

- Sensores ambientais, que monitoram deslizamentos de terra e inundações, tanto quanto a poluição atmosférica e aquática ou ainda a presença de pessoas ou animais indesejados

ou estranhos a um ambiente;

-Sensores de metabólitos, toxinas, antígenos e anticorpos, usados no acompanhamento de pacientes (p.ex.: diabetes), drogas, colesterol, e na detecção de exposição de pacientes a agentes mórbidos (p. ex.: HIV, dengue);

-Sensores de temperatura, radiação, umidade, campos elétricos e magnéticos, deslocamento, rotação, aceleração, atrito e vários outros agentes físicos, usados em muitos tipos de equipamentos, desde o ambiente doméstico até o ambiente hospitalar, aviões, foguetes, máquinas agrícolas, equipamento bélico e de segurança.

São exemplos de atuadores:

-Eletrodos implantados ou aplicados sobre a pele de seres humanos e animais, transmitindo impulsos elétricos para obter respostas motoras e outras respostas fisiológicas, especialmente no caso de pacientes com sequelas de danos neurológicos;

-Accionadores de sistemas inteligentes (janelas ópticas, fechaduras e outros sistemas de proteção e segurança, dispensadores de drogas, aromas, fertilizantes, repelentes e outros agentes e princípios ativos funcionais);

Ao mesmo tempo em que sensores e atuadores podem ter aplicações muito específicas como o reconhecimento de uma única biomolécula expressa por uma neoplasia específica, o desenvolvimento do dispositivo deve ser apoiado em algumas plataformas tecnológicas de uso amplo que incluem conversão do sinal adquirido em sinal eletrônico, algoritmos para manipulação da informação e sistemas eletrônicos que incluem frequentemente eletrônica embarcada e transmissão digital de sinais em tempo real. Esta proposta, portanto, tem imenso potencial para disponibilizar diversas tecnologias assistivas, que são uma prioridade no atual plano de governo.

O impacto social e econômico dos resultados de um articulado projeto de P&D&I em sensores e atuadores deverá ser muito elevado, caracterizando-se como:

i. Abrangente: atinge muitos setores econômicos e muitos setores da população;

ii. Inclusivo: poderá apoiar políticas de saúde pública, oferecendo métodos de diagnóstico a baixo custo, massificados; também irá oferecer recursos para estender a vigilância sanitária e agropecuária, além do controle do ambiente e proteção contra desastres naturais;

iii. Estratégico: poderá permitir a formação e o crescimento de empresas produtoras de sensores e sistemas de detecção e diagnóstico, em uma área em que coexistem empresas de todos os portes. Em especial, é possível focalizar as necessidades que não são consideradas pelos fornecedores internacionais de tecnologia ou que não são atendidas devido às barreiras de natureza estratégica impostas pelos países mais ricos;

iv. Oportuno: o sensoriamento de pragas que afetam a agropecuária deverá contribuir para a redução de aplicações preventivas de defensivos agrícolas e produtos veterinários, com vantagens econômicas, sanitárias e ambientais;

v. Humanitário, permitindo a difusão e aumento de oferta de serviços de diagnóstico médico, a custos mais reduzidos e com grande penetração regional, que poderão ser compartilhados com países menos desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, especialmente a China que tem um grande déficit nessa área.

Esta multiplicação de sensores e atuadores em cada ser humano é uma óbvia oportunidade econômica, em escala global. No Brasil, a oportunidade econômica é também muito nítida, uma vez que temos uma grande quantidade de necessidades que não são atendidas pelos fornecedores internacionais de tecnologia (p. ex.: as questões do diagnóstico de doenças negligenciadas) e também temos necessidades singulares de proteção da produção agropecuária e de qualidade dos alimentos, seja para o consumo

interno, seja para exportação.

Ao discutir a oportunidade econômica, é essencial identificar as empresas produtoras que seriam os agentes de desenvolvimento e inovação, introduzindo os produtos no mercado brasileiro e mesmo no Exterior. Sensores e atuadores interessam a muitos tipos de empresas, desde a automobilística até a de vestuário, passando pela de alimentos. Sua produção global não é oligopolizada, ao contrário, por exemplo, da produção de equipamentos de entretenimento ou da indústria nuclear. Portanto, os resultados do projeto poderão ser transferidos e apropriados por muitas empresas, de diferentes ramos e portes, o que aumenta as chances de sua efetiva utilização por diferentes segmentos da população. Isso também reduz o risco de que esse projeto se converta em uma nova fonte de frustrações para a C&T brasileiras.

2.9. Plásticos



A cadeia produtiva da indústria do plástico é geradora de empregos e impulsionadora de distribuição regional de renda. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Plástico (ABIPLAST) existem aproximadamente 12.000 estabelecimentos que empregam diretamente mais de 350.000 pessoas, com faturamento superior a US\$ 25 bilhões no ano de 2010. Informações como estas, associadas ao histórico do uso da nanotecnologia no mundo, representam elemento chave para induzir o emprego da nanotecnologia na indústria plástica como diferencial inovador.

Em nível mundial, o foco da aplicação da nanotecnologia foi inicialmente concentrado no uso de partículas nanoestruturadas incorporadas em plásticos e em outros polímeros para a produção de compósitos. Esta dinâmica proporcionou a geração de inúmeros produtos inovadores, ofertados pela indústria plástica e impactando diversos setores. Nanotubos de carbono, partículas nanoestruturadas de prata e de óxido de titânio e cerâmicas funcionalizadas de montmorilonita são exemplos de nanopartículas intensamente empregadas em compósitos. Atualmente são produzidas raquetes de tênis mais leves e com maior resistência mecânica, bolas de tênis mais duráveis, embalagens plásticas mais resistentes, painéis de automóveis com propriedades ignífugas, hélices de geradores eólicos e peças de aeronaves mais leves e resistentes, adesivos mais aderentes e dispositivos resistentes a contaminação biológica, como, por exemplo, geladeiras, máquinas de lavar roupa e secador de cabelos.

Existe um enorme potencial de aperfeiçoamento de embalagens plásticas pelo uso de insumos nanotecnológicos, que resultam na melhoria do desempenho das propriedades mecânicas dos materiais (aumento de módulo de elasticidade e resistência à tração e flexão), na resistência térmica (estabilidade térmica, dimensional etc.), de barreira a gases (melhoria das propriedades de barreira a gases), atividade bactericida, fungicida etc. e possivelmente outras. É grande o potencial do uso de insumos nanotecnológicos para aperfeiçoar o desenvolvimento de embalagens plásticas de fonte renovável e/ou biodegradável, como polietileno verde, plásticos como o ácido polilático (PLA), policaprolacton (PCL), polihidroxibutirato (PHB), assim como amido termoplástico e fibras vegetais para reforço de plásticos.

Como as aplicações de embalagens plásticas englobam o uso para alimentos, é essencial avaliar as questões de toxicologia destes insumos, nas diferentes dimensões: processo de produção dos insumos, aplicação das embalagens e ciclos de vida, que incluem o descarte das mesmas.

2.10. Saúde



Em pouco mais de uma década, desde a primeira iniciativa global em nanotecnologia, nos Estados Unidos, em 2001, a nanotecnologia, por seu caráter interdisciplinar, aliou-se a diversas disciplinas tradicionais como, por exemplo, as engenharias, a química e a biologia.

Pode-se dizer que estas interações potencializaram as possibilidades dos conhecimentos já estabelecidos e os transformaram radicalmente, fazendo surgir subdisciplinas, entre outras, como a nanobiotecnologia (ou bionanotecnologia) e a nanomedicina.

Estes dois termos referem-se não somente às suas aplicações e aos tipos de materiais utilizados, pois no desenvolvimento de produtos ou processos podem, por exemplo, ser utilizados conhecimentos de diversas disciplinas. Um nanobiossensor pode, por exemplo, ser desenvolvido utilizando-se os avanços obtidos na engenharia, o conhecimento dos sistemas complexos biológicos e, obviamente, a nanotecnologia. Em outras palavras, a nanotecnologia construiu uma interface entre a biologia e o mundo inorgânico.

Em relação à saúde humana, a utilização está focada, principalmente, no diagnóstico, na terapia e na prevenção de doenças, no entendimento dos mecanismos biológicos e no desenvolvimento de produtos cosméticos e cosmecêuticos. No agronegócio, é possível inserir genes específicos nos cultivares com o auxílio de nanopartículas, nanofibras ou nanocápsulas em

substituição a vírus e bactérias, tradicionalmente utilizadas para este fim, e na incorporação de aditivos nutricionais por meio de nanopartículas, nanoemulsões, nanocápsulas e lipossomas, além de embalagens inteligentes que detectam microrganismos contaminantes. No meio ambiente, as expectativas estão no desenvolvimento de sensores de poluentes e microrganismos potencialmente daninhos aos seres vivos e na fabricação de embalagens biodegradáveis.

No Brasil, as principais áreas de pesquisa estão na área de farmacêutica, de cosméticos e cosmecêuticos e do agronegócio.

Em farmacêutica, os avanços encontram-se no desenvolvimento de novos fármacos; de sistemas de liberação controlada (controlled drug delivery systems); de sistemas de vetorização (drug targeting systems); de novas formulações, entre outras. As vantagens destes avanços são o reduzido tamanho e direcionamento da droga para o alvo específico, que reduzem ou eliminam os efeitos colaterais; a substituição das formas de administração, pomada em substituição aos injetáveis, por exemplo; sistemas de diagnósticos precisos e preventivos; a substituição de medicamentos tradicionais por novas fórmulas mais efetivas e com menor tempo de tratamento.

Em cosmética e cosmecêutica, o desenvolvimento está em novas formulações de bloqueadores solares, de cremes (hidratantes, antissinais, antioxidantes), de produtos para tratamentos capilares. A rede de Centro de Inovação em Nanocosméticos faz parte do Sistema Brasileiro de Tecnologia – SIBRATEC – e é constituída por sete instituições (UNIFRA, UFRGS, UFG, ABTLus/LNBio, IPT, UFPE, UFRN). Essa rede conta com recursos da ordem de R\$ 10 milhões, sendo até R\$ 2,5 milhões para a gestão e, no mínimo, R\$ 7,5 milhões para execução dos projetos cooperativos demandados pelas empresas.

A rede de Nanocosméticos visa (i) apoiar projetos

cooperativos de inovação tecnológica em parceria com empresas, visando proporcionar um impulso ao desenvolvimento tecnológico e econômico do setor empresarial de nanocosméticos; (ii) executar projetos de desenvolvimento tecnológico em produtos e processos para a obtenção de nanocosméticos em associação com empresas; (iii) responder às demandas do setor industrial de nanocosméticos para inovação em produtos e processos desde a obtenção de insumos até a produção do produto acabado; e (iv) viabilizar o desenvolvimento de novos produtos cosméticos de base nanotecnológica a partir das demandas do setor empresarial.



2.11. Têxteis



1-Algodão colorido

2-Curauá

3-Sisal

2.11.1. Materiais para a produção sustentável

É desejável produzir quantidades crescentes de materiais, em processos de baixo custo, com matérias-primas de fontes renováveis ou abundantes, para atender demandas de vários setores industriais e para criar atividades industriais descentralizadas. As oportunidades são: 1 bilhão de toneladas ano de resíduos da agricultura; pagamento por sequestro de carbono; redução de cargas ambientais na mineração; demanda por produtos de fontes renováveis. Para se alcançar esse objetivo há duas estratégias: uso de nanotecnologias para desenvolver novos materiais nanoestruturados estruturais e funcionais e respectivos processo de fabricação derivados da biomassa; e criação de ciclos de vida ampliados, nos quais um material possa desempenhar várias funções.

São exemplos:

a) Nanocompósitos e nanoblendas para a fabricação de filmes, termoplásticos e materiais híbridos a partir do bagaço de cana. Setores de aplicação: Embalagens, fraldas, materiais para construção civil; autos/caminhões/ônibus; materiais pra agricultura; substitutos de madeira; engenharia ambiental.

b) Fabricação de materiais carbonosos a partir de resíduos vegetais. Setores de aplicações: Purificação de água e afluentes; produção de negros de fumo (pneus, plásticos); remediação e condicionamento de solos; sequestro de CO₂.

c) Aproveitamento de cinzas e restos vegetais. Setores de aplicações: fertilizantes; aditivos para nutrição humana e animal; produtos para a produção de cimentos e argamassas; cerâmicas e vidro.

d) Insumos nanotecnológicos obtidos de minerais abundantes e resíduos. Setores de aplicação: hidrocalcitas e argilas sintéticas; silanos.

3. INTERAÇÃO COM EMPRESAS

Dentro da história da nanotecnologia no MCTI, destaca-se o desenvolvimento de diversas iniciativas que buscaram impulsionar o desenvolvimento das indústrias brasileiras.

Uma dessas iniciativas foi a realização, em 2005, da Nanotec Expo, uma parceria entre o MCTI e a iniciativa privada. Outros entes também estiveram envolvidos nas demais edições da Nanotec Expo (2005-2009) como a ANPROTEC e o SEBRAE.

Em 2005, foi realizada uma seleção pública de Projetos de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica de Produtos e Processos em N&N no Âmbito das Incubadoras de Empresas (Edital MCT/CNPq/CT-BIOTEC nº 058/2005) que apoiou 11 projetos: quatro voltados à pré-incubação de empreendimentos com potencial de desenvolvimento de produtos e serviços na área de nanotecnologia de interesse do mercado; e sete voltados a empresas já incubadas no setor, intermediados pelas instituições gestoras de incubadoras de empresas.

A FINEP realiza constantemente seleções públicas para apoiar projetos de inovação tecnológica executados por Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), públicas ou privadas, em cooperação com empresas brasileiras (ICT-Empresas). A chamada N^o 02/2004 apoiou um projeto em nanotecnologia; a chamada N^o 01/2005 apoiou dois; a chamada N^o 02/2005, um; a chamada N^o 10/2005, dois; a chamada N^o 06/2006, nove; a chamada N^o 07/2006, dois. A Nanotecnologia foi induzida diretamente através das chamadas N^o 12/2004, N^o 03/2005 e N^o 05/2009, apoiando, chamada específica para nanotecnologia (N^o 12/2004), 13 projetos de cooperação ICT-Empresas, num montante de R\$ 3.571.358,75.

³⁰http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_Acao_Transversal_Cooperacao_ICTs_Empresas_2_2004.PDF

³¹http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/resultado_ICTs_2%C2%AA_fase.PDF

³²http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Carta-Convite_MCT_FINEP_Acao_Transversal_Cooperacao_ICTs_Empresas_01_2005.PDF

³³http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Resultado_ICTs_01_2005.PDF

³⁴http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_MS_FINEP_Acao_Transversal_BIOPRODUTOS_02_2005.PDF

³⁵http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Resultado_Bioprodutos.pdf

³⁶http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_SEBRAE_Acao_Transversal_MPES_10_2005.PDF

³⁷http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Resultado-Acao_Transversal_SEBRAE_10_2005.PDF

³⁸http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_Acao_Transversal_Cooperacao_ICTs-Empresas_06_2006.PDF

³⁹http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Resultado_ICT_Empresas_06_2006.pdf

⁴⁰http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/CHAMADA%20P%C3%9ABLICA%20SEBRAE%202006%20vers%C3%A3o%20final.pdf

⁴¹http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Resultado_SEBRAE_07_2006.pdf

⁴²http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_Acao_Transversal_Nanotecnologia_03_2005.PDF

⁴³http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/editais/Nano%202009%20vers%C3%A3o%20final.pdf

⁴⁴http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/resultado_aprovadas_Acao_Transversal_NANOTECNOLOGIA_03_2005.PDF

⁴⁵http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao_transversal/resultados/Nano%202009%20final.pdf

A Figura 8 mostra o nº de projetos de nanotecnologia apoiados através de cooperação ICT-Empresas, por ano.

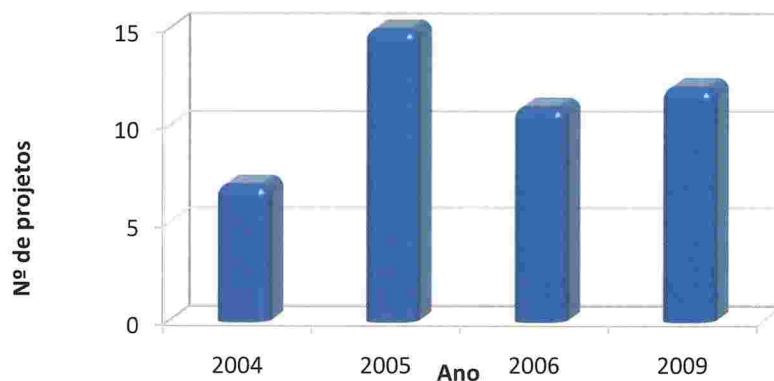


Figura 8. Projetos de nanotecnologia apoiados através de Chamadas Públicas para cooperação ICT-Empresas.

Impulsionada pela PDP, lançada pelo MDIC em 2008, a nanotecnologia brasileira ganhou nova dimensão. Em 2009 foi criado o Fórum de Competitividade (FC) de Nanotecnologia, uma ferramenta estratégica para apoiar a discussão, definição e encaminhamento de demandas aos órgãos públicos segundo as dimensões da PDP. O FC promove a articulação entre as necessidades do setor privado, o setor governamental e a academia, propondo metas e ações voltadas para uma nova política industrial de desenvolvimento da produção. Os quatro grupos de trabalho formados (Mercado, Marco Regulatório, Cooperação Internacional e Formação de Recursos Humanos) geram diversos documentos disponibilizados no sítio do MDIC. Também foi criada uma plataforma para o fórum onde os documentos são discutidos. As demandas emanadas do fórum nortearam a definição de Políticas Públicas consistentes e aptas a viabilizar a consolidação de um setor de tamanha relevância no cenário econômico e tecnológico do país, hoje constantes na ENCTI.

Em 2009, o BNDES realizou chamada pública para selecionar um Fundo de Investimento em Empresas Emergentes voltado para investimentos nos setores de biotecnologia ou de nanotecnologia, separadamente, ou em investimentos em empresas dos dois setores de forma conjunta. No dia 14/12/2009, o Comitê de Mercado de Capitais do BNDES homologou a escolha do FIEE Biotecnologia e/ou Nanotecnologia (Gestor: Burrill Brasil Investimentos Ltda.). Até o momento o Fundo não foi disponibilizado às empresas de Nanotecnologia.

Outra forma de apoio ao desenvolvimento industrial da área é a Subvenção Econômica. Apesar de a indução direta da nanotecnologia só ter acontecido em 2006 e em 2007, diversas empresas de nano foram contempladas nas demais chamadas (Figura 9). No entanto, a Figura 10 mostra que os projetos de nano contemplados entre 2006 e 2009, considerando todas as áreas de concentração, ainda são pouco expressivos (3%). Levando-se em conta que em 2010 somente três projetos da área foram apoiados, esse percentual deve ser ainda menor. A Figura 9 e a Figura 10 deixam evidente a necessidade da indução direta da Nanotecnologia nos editais para Subvenção Econômica, o que já foi apontado diversas vezes pelos membros do Comitê Consultivo de Nanotecnologia, bem como pelos participantes das reuniões plenárias do FC de Nanotecnologia.

A conscientização da importância da nanotecnologia como uma plataforma científica e tecnológica para a inovação geradora de produtos com elevada agregação de valor está refletida no resultado da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) 2008. O senso reporta que, em 2008, existiam 608 empresas envolvidas

⁴⁶<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469>

⁴⁷<http://forumnano.mdic.gov.br/>

⁴⁸http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/Fundos_Investimento/biotecnologia_nanotecnologia.html

⁴⁹http://www.finep.gov.br/programas/subvencao_perfil_2006_2009.pdf

com nanotecnologia. No entanto, ele não diferencia aquelas que apenas incorporam a tecnologia daquelas que fazem pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Visando identificar os diversos grupos de empresas em função da forma de utilização da nanotecnologia, a Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT) do MCTI encaminhou à PINTEC a pergunta reformulada que deverá ser aplicada no senso de 2012.

Levantamento conduzido pela CGNT mostra que aproximadamente 130 empresas desenvolvem Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em nanotecnologia. Foram contabilizadas as empresas contempladas nas Chamadas Públicas à Subvenção Econômica de 2006 a 2010, RHAE – Pesquisador na Empresa de 2007 a 2009 e ICT – Empresas de 2006 E 2009. Não foram contabilizadas as empresas contempladas nos editais RHAE de 2002 a 2006 e de 2010. Tampouco estão incluídas as empresas que desenvolvem P,D&I em nanotecnologia sem apoio de chamadas públicas.

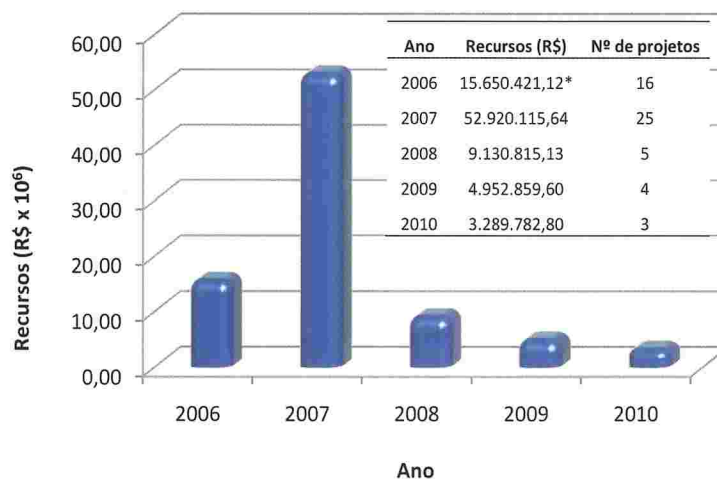


Figura 9. Projetos em Nanotecnologia por ano - Subvenção Econômica.

*Recursos de dois projetos não estão contabilizados.

A Figura 11 e a Figura 12 mostram a distribuição dessas empresas por Unidade da Federação e por áreas de concentração. O que se observa é uma concentração de empresas que fazem P,D&I em nanotecnologia na região sudeste do País, principalmente em São Paulo (Figura 11) e predominância de P,D&I em nanopartículas e nanomateriais (Figura 12).

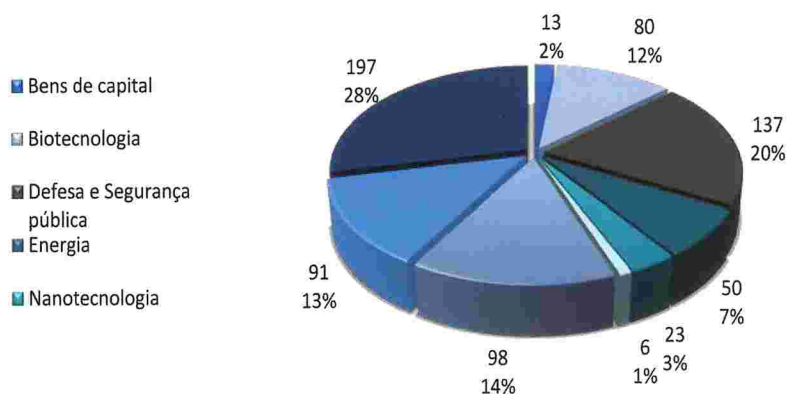


Figura 10. Distribuição de projetos, por área de concentração, contemplados na Subvenção Econômica, entre 2006 e 2009⁵⁰.

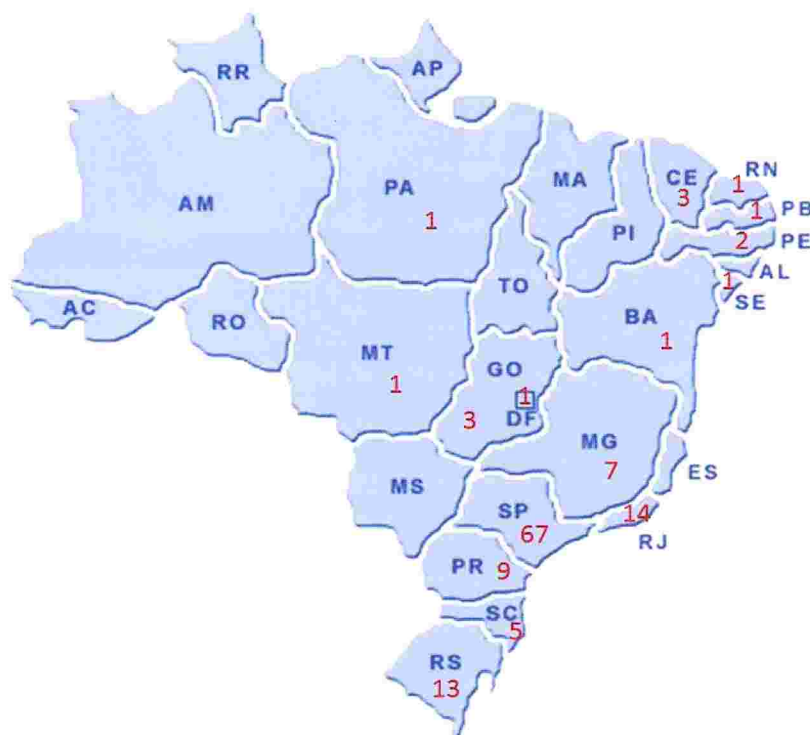


Figura 11. Distribuição de empresas contempladas em editais/chamadas públicas com projetos em nanotecnologia, por Unidade da Federação.

⁵⁰http://www.finep.gov.br/programas/subvencao_perfil_2006_2009.pdf

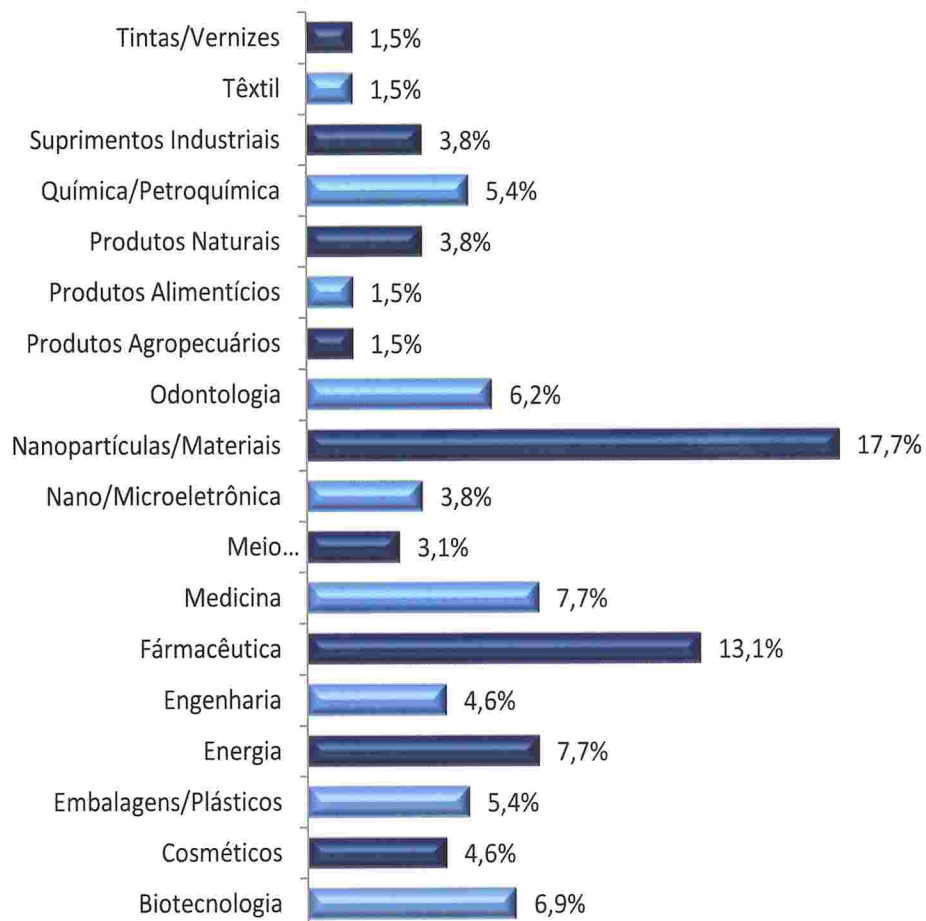


Figura 12. Distribuição do número de empresas contempladas em editais/chamadas públicas com projetos em nanotecnologia, por área de concentração.

Observa-se, portanto, um conjunto de esforços setoriais visando à expansão do sistema de P,D&I para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil e um aumento na expectativa de se alcançar resultados mais expressivos em termos da geração de riquezas via lançamento de produtos, processos e serviços, com vistas a situar a indústria brasileira num patamar mais competitivo em termos globais.

4. PATENTES

Patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente⁵¹. Embora o Brasil tenha sido um dos primeiros países a aderir às convenções internacionais de patentes, e embora haja patenteadores brasileiros importantes no cenário internacional, a questão da propriedade intelectual é estranha à maioria dos pesquisadores brasileiros profissionais, que são os docentes universitários⁵².

Em 2001, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) divulgou o sexto Alerta Tecnológico sobre pedidos de patentes em Nanotecnologia⁵³. O objetivo é alertar sobre os principais depositantes de patente em determinado setor e período de tempo, os países onde o primeiro depósito foi solicitado (país de prioridade), as áreas tecnológicas mais solicitadas e de divulgar os títulos dos pedidos de patente publicados mundialmente em determinado período.

⁵¹<http://www.inpi.gov.br/index.php/patente/guia-basico>

⁵²Galembeck, F. & Almeida, W.P. Propriedade Intelectual. Documento apresentado em seminário preparatório da 3ª. CNCTI. Brasília, 18 de março de 2005.

⁵³http://www.inpi.gov.br/images/stories/3_chamadas/Publicaes_-_Alertas/Nanotecnologia_2011_1sem.pdf

O INPI relatou a dificuldade na análise da nanotecnologia sob a ótica da propriedade industrial, na medida em que tais variações nos depósitos demonstram fortes crescimentos, mas que ainda continua concentrando parte significativa dos pedidos nas universidades estrangeiras, ainda sendo muito difícil vislumbrar alguma tendência para as aplicações industriais em algum setor específico. O que se observa é a predominância nas áreas de eletrônica e de medicamentos. O número de pedidos depositados tem mantido uma taxa de crescimento expressiva, corroborando as informações divulgadas por meios não patentários.

A Figura 13 mostra o número de patentes em nanotecnologia depositadas no Brasil, entre 2004-2009, de acordo com os Alertas Tecnológicos publicados pelo INPI neste período.



Figura 13. Patentes totais, em nanotecnologia, depositadas no Brasil, entre 2004-2009. As patentes residentes referem-se àquelas depositadas por nacionais e as não-residentes, por estrangeiros.

Os alertas tecnológicos com os Pedidos de Patente sobre Nanotecnologia nº 40⁵⁴ (2º semestre de 2010) e nº 51⁵⁵ (1º semestre de 2011) demonstram que dentre os depositantes

⁵⁴http://www.inpi.gov.br/images/stories/downloads/pdf/Nanotecnologia_2010_2sem_N40.pdf

⁵⁵http://www.inpi.gov.br/images/stories/3_chamadas/Publicaes_-_Alertas/Nanotecnologia_2011_1sem.pdf

brasileiros já aparecem empresas, fato que diferencia um pouco dos Alertas anteriores (Figura 14) onde apareceram as principais universidades do país, embora ainda se verifique algumas universidades como dispositivos. Curiosamente também se verifica a ocorrência de depósitos efetuados por depositantes isolados, o que em certa medida é surpreendente para a área. O aparecimento de mais empresas entre os principais depositantes, e caso persista esta ocorrência pode significar o início do surgimento de tecnologias de uso comercial.

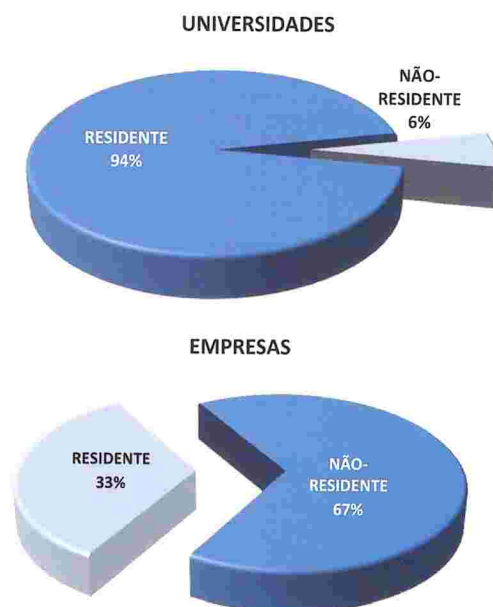


Figura 14. Patentes depositadas, em nanotecnologia, no Brasil, entre 2004-2009, diferenciando o número de depósito efetuado por universidades e por empresas.

Considerando-se somente as patentes depositadas por residentes, no Brasil (2004-2009), as universidades e as empresas privadas apresentam-se como maiores depositantes (Figura 15) e pedidos de patentes para novos materiais predominam entre os campos temáticos (Figura 16).

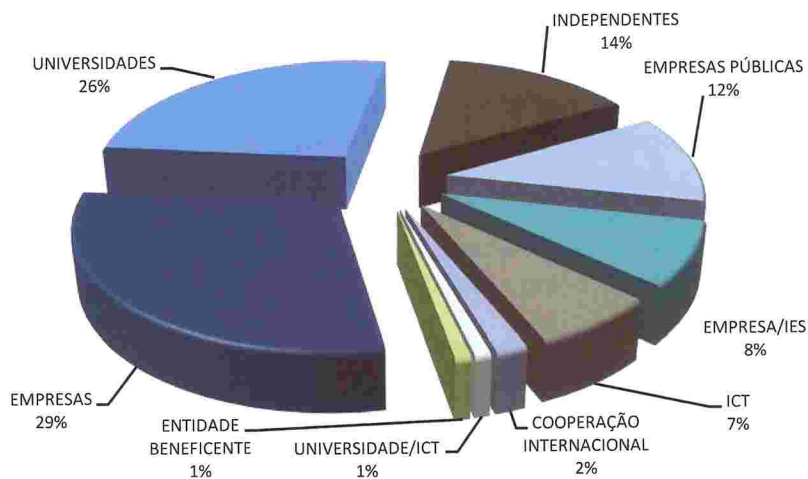
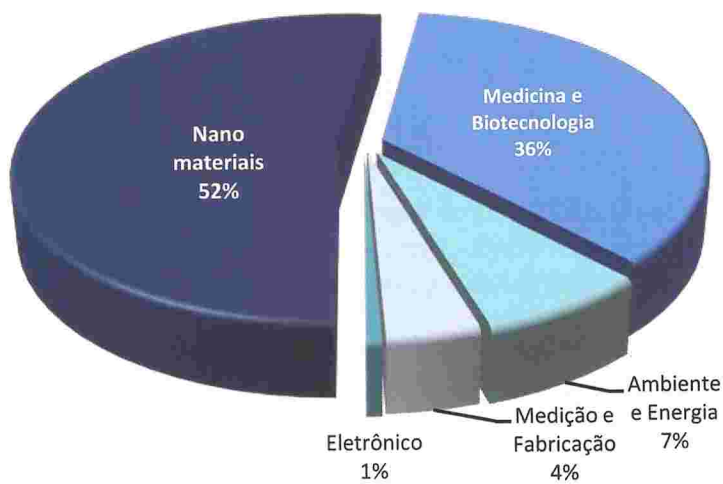


Figura 15. Patentes depositadas, em nanotecnologia, por residentes, no Brasil, entre 2004-2009.

CAMPOS TEMÁTICOS RESIDENTES



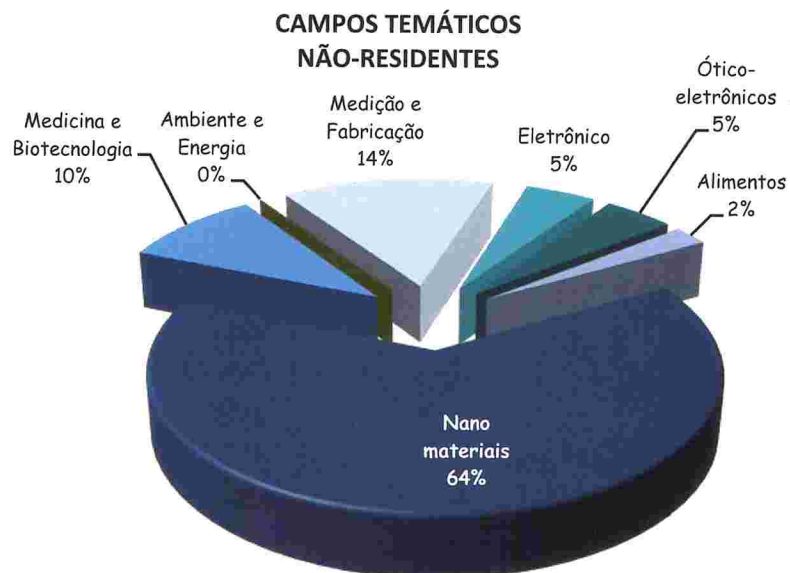


Figura 16. Patentes depositadas no Brasil, em nanotecnologia, entre 2004-2009, por áreas temáticas.

5. COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

O Brasil alcançou grande visibilidade mundial na área de Nanotecnologia através de sua destacada produção científica. As relações internacionais são um importante mecanismo para intercâmbio de conhecimento, de recursos humanos e de tecnologia para o desenvolvimento. O estabelecimento de uma política estruturante para a cooperação internacional em Nanociências e Nanotecnologia (N&N) de notável importância para o desenvolvimento da área e para a contribuição da mesma para a Inovação na Indústria do país.

Os países que buscam cooperação em N&N com o Brasil possuem os mais variados perfis científico, econômico e cultural. Acordos e compromissos firmados entre governos têm sua pauta baseada em interesses de Estado de modo que devem ser tratados independentemente das colaborações entre indivíduos pesquisadores de cada país.

No caso de cooperações internacionais individuais, as fontes de recursos a serem envolvidas são as agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e as Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs). Nesses casos o pesquisador é o coordenador e executor da cooperação.

As cooperações internacionais firmadas de forma protocolar via MCTI devem ocorrer de modo a atender interesses mais amplos que estejam inseridos na política científica definida para N&N do País. Os principais executores de tais cooperações serão os Laboratórios, Centros e Institutos Nacionais que atuam na área. Cabe ao Comitê Superior para as cooperações internacionais em Nanotecnologia apontar as prioridades e avaliar os projetos de tais cooperações.

Levando-se em conta a diversidade dos países e a natureza das cooperações, há três classes de cooperação internacional em N&N. Classe I – Brasil receptivo, Classe II – Brasil colaborativo e Classe III – Brasil indutor.

Na Classe I, inserem-se os países em estágio mais avançado de desenvolvimento quando comparados ao Brasil. Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido, Países Nórdicos e Japão são exemplos de países pertencentes a esta Classe.

A Classe II é composta por países que se encontram em patamar semelhante ao do Brasil na área. Aqui, inserem-se os

países do BRIC, IBAS e alguns países da América Latina (Argentina, México, Chile).

Há ainda os casos em que o Brasil pode contribuir para a formação de recursos humanos do outro país, esses são inseridos na Classe III. Nessa Nesta categoria, está colocada a maior parte dos países do continente africano bem como Uruguai, Paraguai, Equador, Venezuela, dentre outros.

5.1. Exemplo de Cooperação: o Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia

A cooperação Brasil-China é centralizada no Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia, criado pela Portaria 117 de 13 de fevereiro de 2012⁵⁶. Todos os projetos, workshops, escolas e visitas serão propostos e avaliados através de um Comitê Superior (CS). O CS irá ouvir o Comitê Técnico Científico (CTC), que formulará e encaminhará os projetos relevantes. Materiais nanoestruturados, Nanotubos de Carbono, Produtos e materiais derivados de Biomassa e restos agrícolas e Dispositivos eletrônicos nanoestruturados serão os primeiros tópicos abordados pelo Centro.

⁵⁶<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.journal=1&pagina=5&data=14/02/2012>

5.2. Demais Cooperações

Com a Argentina a cooperação se dá através do Centro Brasil-Argentina de Nanotecnologia⁵⁷. Desde a assinatura do protocolo, em 30 de novembro de 2005, foram realizadas 31 escolas nos dois países que contribuíram de maneira significativa para a formação de recursos humanos. Em 2012 o Centro deverá apoiar o primeiro projeto de cooperação entre os dois países. Estão encaminhadas as negociações de cooperação com o Uruguai, MERCOSUL, Equador, Canadá, Estados Unidos, Índia, IBAS, Coreia, União Europeia, Alemanha, Dinamarca e Finlândia. Tais cooperações devem atender o novo modelo para cooperações internacionais de acordo com a Estratégia Brasileira de Nanotecnologia.

Os recursos para a efetivação das cooperações internacionais devem constar no orçamento da estratégia para que a negociação das cooperações ocorra de modo planejado e seguro.

6. GOVERNANÇA

O reconhecimento da importância da nanotecnologia como uma plataforma tecnológica para a inovação de produtos, processos e serviços tem ampliado o número de atores públicos e privados. Contribuem para esta percepção o crescimento industrial acelerado, a diversidade de tecnologias, a corrida pela inovação que torna a indústria mais competitiva, o conhecimento limitado dos impactos sobre o homem e o meio ambiente e ainda as questões jurídicas e sociais⁵⁸.

Ao longo desta última década, o envolvimento setorial com a nanotecnologia foi notório. No Governo, os atores se multiplicaram e novas parcerias estratégicas se materializaram.

⁵⁷<http://www.mct.gov.br/cban>

⁵⁸<http://www1.cnsi.ucla.edu/NanoRegulatoryPolicy/pdfs/paddock.pdf>

Entretanto, a gestão da nanotecnologia brasileira apresenta fragilidades em função desta expansão e, conseqüentemente, do aumento do número de atores multissetoriais envolvidos e com o agravante de não ter sido, desde o início, integrada setorialmente. A estrutura de gestão atual tem comprometido a definição de novas políticas e iniciativas para a área, dificultando a otimização de esforços e recursos. Situação esta que tende a se agravar com o surgimento de novas demandas. Neste sentido, o MCTI está instituindo o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN) que atuaria como um ponto focal na gestão da nanotecnologia no País. As propostas de novas políticas, iniciativas e investimentos passariam a ser discutidas e supervisionadas pelo CIN.

No âmbito do MCTI, a Nanotecnologia é gerenciada pela CGNT, que é responsável pelas ações e atividades temáticas constantes na ENCTI, pelas atividades transversais de nanotecnologias dentro do Plano Brasil Maior (PBM), além da gestão do CIN (em fase de instituição) e do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO).

6.1. Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN)

Composto por representantes dos principais setores do Governo diretamente envolvidos com a indução do desenvolvimento da nanotecnologia brasileira o CNI teria por finalidade integrar a coordenação e gestão desta plataforma, contribuindo para o aprimoramento das políticas, diretrizes e ações de Nanotecnologia (Figura 17). Desta forma, instrumentos de gestão como indicadores, elaboração de séries históricas e estudos de prospecção de cenários e tendências passarão a ter maior consistência, abrangência e, principalmente, maior transparência e visibilidade pública.

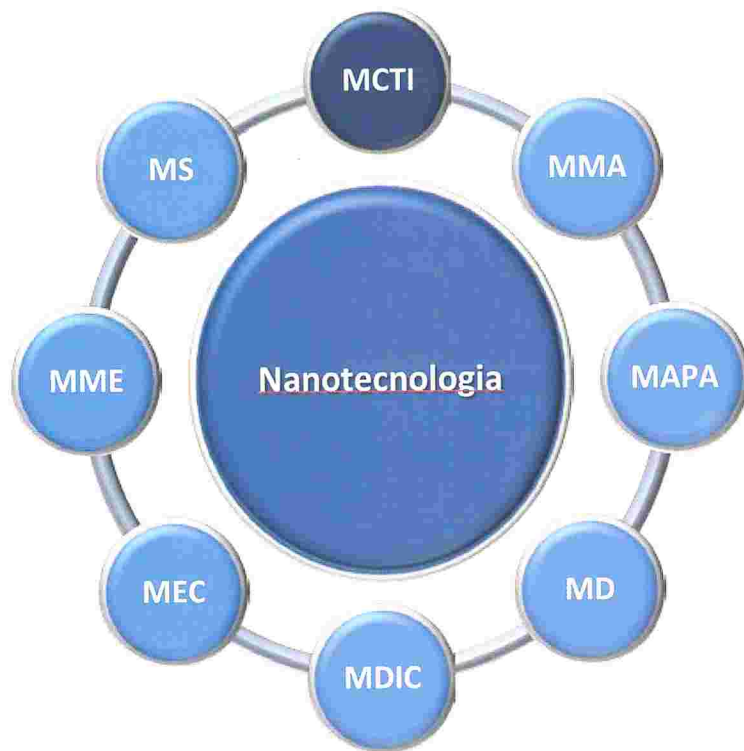


Figura 17. Estrutura proposta para o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN). MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. MMA – Ministério do Meio Ambiente. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MD – Ministério da Defesa, MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, MEC - Ministério da Educação, MME - Ministério de Minas e Energia, MS - Ministério da Saúde.

6.2. Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)

O SisNANO é um dos elementos do Programa de Nacional de Nanotecnologias, no âmbito da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e associado ao Plano Brasil Maior. Será administrado pela Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT) e supervisionado pelo Comitê Consultivo de Nanotecnologia. Foi instituído pela Portaria nº 245 de 5 de abril de 2012⁵⁹ e constitui um sistema de gestão de laboratórios que prestam serviços em nanociências aproximando, dessa forma, a iniciativa pública e a privada.

A Figura 18 mostra simplificada a estrutura do SisNANO.



Figura 18. Estrutura de governança do SisNANO.

<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.p?jornal=1&pagina=5&data=09/04/2012>

Seus objetivos e características estruturais estão descritos na portaria supracitada.

7. ORÇAMENTO

Os recursos utilizados em ações de nanociências e nanotecnologias indicados na Figura 19 foram determinados pelo orçamento ordinário dos PPAs de 2004-2007 e 2007-2010 e em virtude de restrições orçamentárias decorrentes de oscilações da economia mundial, que afetaram diretamente o orçamento da União. O que se observa é redução significativa no orçamento destinado às ações de nanociências e nanotecnologias, administradas pela CGNT do MCTI em 2009, quando a economia mundial passou por notória recessão⁶⁰. No entanto, mesmo nos anos de 2010 e 2011 não houve a retomada dos investimentos em nanotecnologias e ainda houve uma redução orçamentária em torno de 12,5% no orçamento de 2011 e de 10% em 2012, quando comparados a 2010. Como o orçamento de 2012 ainda encontra-se em execução, os dados não foram indicados na Figura 19.

Todos os recursos de 2011 (Figura 19) foram utilizados nas Chamadas MCTI/CNPq n.º 17/2011 (Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação), n.º 20/2011 (Cooperação internacional Brasil-Cuba) e n.º 21/2011 (Cooperação internacional Brasil-México), com recursos de R\$ 3.883.709,00 (três milhões, oitocentos e oitenta e três mil, setecentos e nove reais), R\$ 950.000,00 (novecentos e cinquenta mil reais) e R\$ 950.000,00 (novecentos e cinquenta mil reais), respectivamente, totalizando R\$ 5.783.709,00 (cinco milhões, setecentos e oitenta e três mil, setecentos e nove reais).

⁶⁰Crise Financeira Mundial: impactos sociais e no mercado de trabalho.
http://www.anfip.org.br/publicacoes/livros/includes/livros/arqs-pdfs/crise_financeira_mundial.pdf

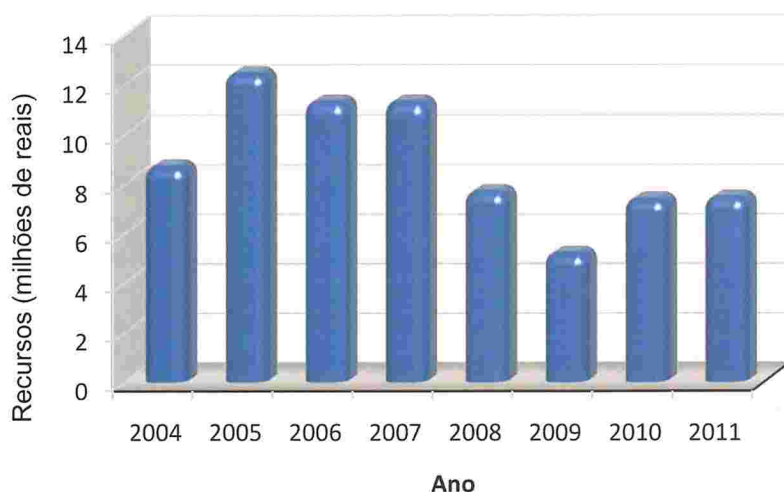


Figura 19. Investimentos em nanotecnologia realizados com recursos do orçamento ordinário (Fonte 100) pela CGNT.

Ao final de 2011, a Chamada MCTI/CNPq n^o 17/2011 recebeu um aporte suplementar de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais), oriundos da ação 6846 – Fomento a projetos de capacitação tecnológica de inovação nas empresas. Este valor foi agregado ao orçamento das ações de nanotecnologias indicado na Figura 19. Por esse motivo apresenta o mesmo patamar de investimentos, apesar da redução orçamentária nas ações de Nanotecnologia.

8. CONCLUSÕES

O maior desafio do País na atualidade é impulsionar o desenvolvimento industrial, pela via da inovação tecnológica. Neste sentido as nanotecnologias se apresentam como tecnologias indispensáveis à geração de produtos inovadores de alto valor agregado, estratégicos e diferenciais para impulsionar os mais diversos setores.

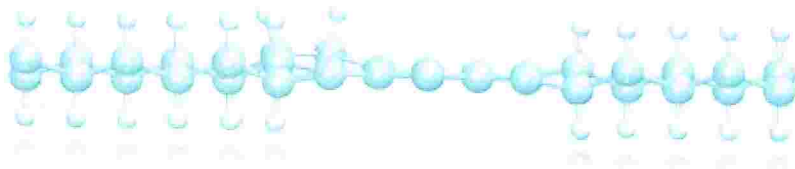
Por ser interdisciplinar, a nanotecnologia contribui, mundialmente, para a pesquisa e o desenvolvimento de novos materiais, produtos e processos, resultando na contínua inovação em muitos setores.

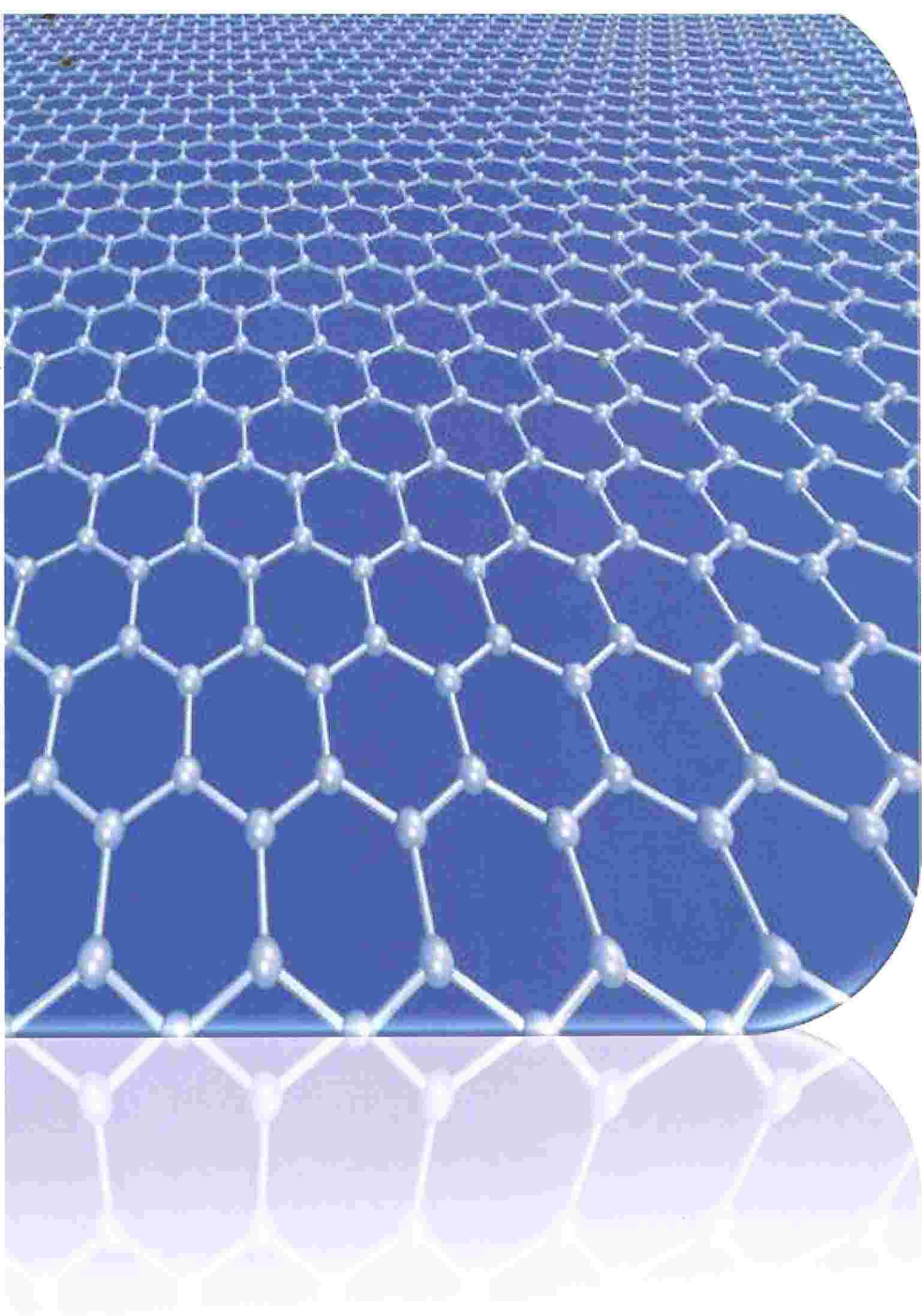
Como já comentado neste documento, os esforços do MCTI visam aumentar a competitividade da indústria brasileira e apoiar o desenvolvimento de conhecimento básico, em particular, na formação de recursos humanos. A atual gestão do MCTI está iniciando um programa ambicioso, que almeja duplicar o número de empresas brasileiras que inovam, em um prazo de apenas quatro anos. A inovação proposta é incremental, criando projetos-piloto que ajudarão a nortear um planejamento de longo prazo alicerçado na valorização e fortalecimento da ciência básica, criando condições para o surgimento de inovação de ruptura. São objetivos do Programa de Nanotecnologia 2012-2015: (i) aumentar a competitividade industrial; (ii) adequar a infraestrutura à pesquisa e desenvolvimento; (iii) formar recursos humanos qualificados; e (iv) proteger o meio ambiente e o seres humanos. Abaixo segue um conjunto de ações para que esses objetivos sejam alcançados:

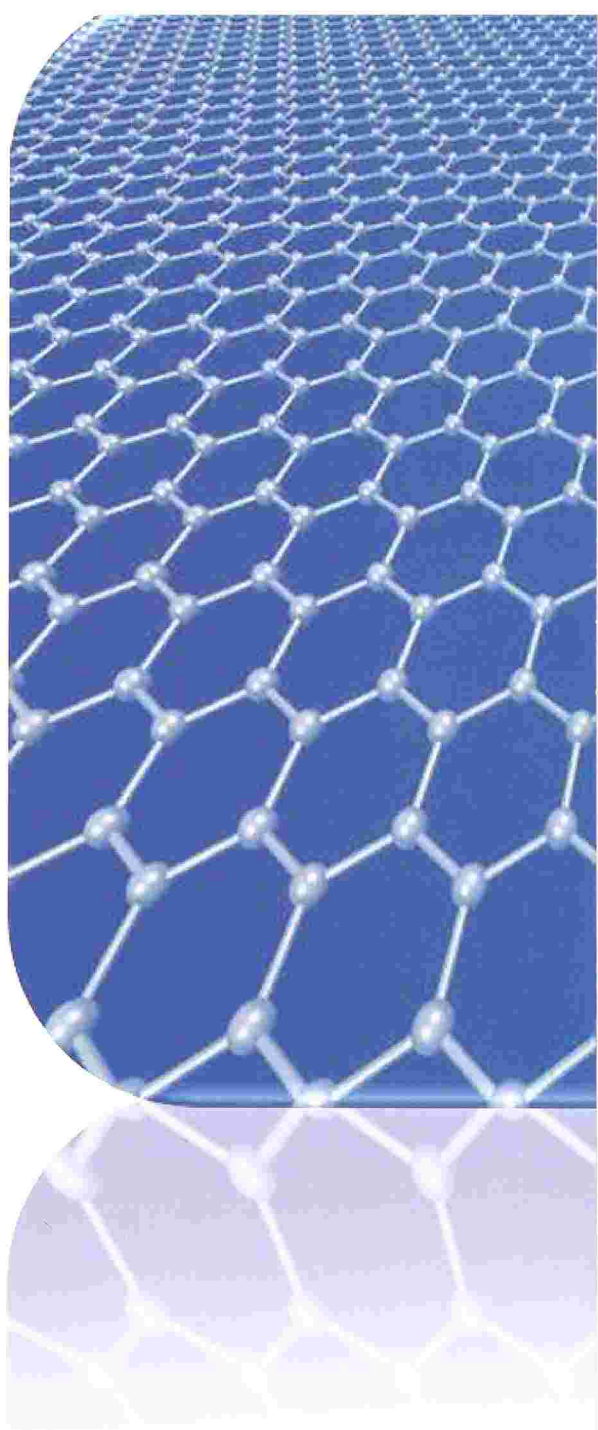
- Introdução de ferramentas e técnicas de nanotecnologia na indústria visando à inovação e ao acesso a novos mercados;
- Capacitação da indústria nacional com novas plataformas tecnológicas;
- Proposição de marcos legais e instrumentos para garantir a segurança jurídica e estimular investimentos;
- Criação ambientes/mecanismos para a troca de conhecimentos na fase pré-competitiva do desenvolvimento de produtos e processos;

- Financiamento da produção de insumos estratégicos para viabilização das cadeias produtivas;
- Financiamento de plantas-piloto para escalonamento de processos;
- Criação de competências para nanofabricação e produção de nanomateriais;
- Acreditação de laboratórios para caracterização e controle de qualidade de produtos nanotecnológicos;
- Fortalecimento e ampliação do acesso à infraestrutura de pesquisa existente através do SisNANO;
- Criação de conhecimento de ponta em áreas estratégicas para o Brasil (aeroespacial; agronegócio; defesa; energia; meio ambiente e saúde);
- Manutenção/sustentação da infraestrutura de pesquisa básica;
- Valorização do desenvolvimento tecnológico na formação acadêmica;
- Promoção, dentro da academia, de habilidades necessárias à interação como o ambiente empresarial para o desenvolvimento da nanotecnologia.
- Apoio a programas de formação de RH das empresas;
- Proposição de uma estrutura de coordenação, avaliação, monitoramento dos impactos da nanotecnologia no meio ambiente e nos seres humanos.

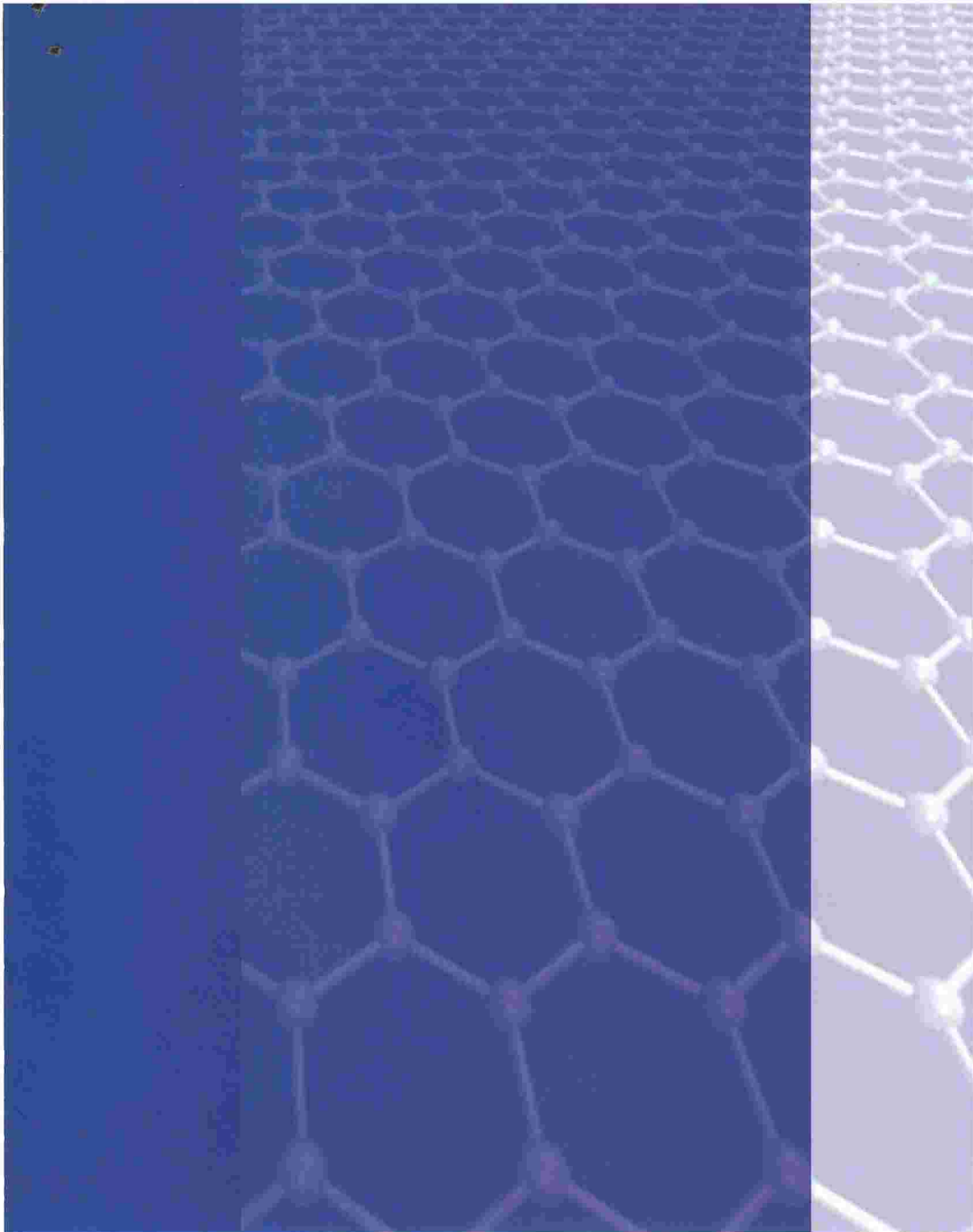
Alicerçados nos avanços tecnológicos decorrentes do conhecimento acadêmico gerado por nossos pesquisadores e na incorporação e transformação destes avanços em inovação pelas indústrias, o MCTI entende que essas ações serão efetivas para o desenvolvimento tecnológico do Brasil. Dentre os diversos caminhos que levam ao desenvolvimento sustentável do nosso País, a nanotecnologia é uma protagonista.











Ministério da
Integração Nacional

Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

