

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
Curso de Pós-graduação em Ciências Humanas e Sociais

Dissertação de Mestrado

Adriano de Faria

As características e o desenvolvimento da nanomedicina
nas políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (2001-2012)

Santo André
2013

Curso de Pós-graduação em Ciências Humanas e Sociais

Dissertação de Mestrado

Adriano de Faria

As características e o desenvolvimento da nanomedicina
nas políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (2001-2012)

Trabalho apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Ciências Humanas e Sociais,
sob orientação da Professora Doutora
Graciela de Souza Oliver
e coorientação do Professor Doutor
Rodrigo Magalhães Ribeiro.

Santo André
2013



Universidade Federal do ABC

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS HUMANAS E
SOCIAIS

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato **Adriano de Faria**, realizada em 27 de maio de 2013:

Profa. Dra. Graciela de Souza Oliver - Presidente (UFABC)

Prof. Dr. Adriano Premebida – Membro Titular (Fund. Amaz. Defesa da Biosfera)

Prof. Dr. Marco Antônio Cornacioni Sávio – Membro Titular (UFU)

Profa. Dra. Maria Gabriela Silva Martins da Cunha Marinho – Membro Suplente (UFABC)

Prof. Dr. Marcos Vinicius Pó – Membro Suplente (UFABC)

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

Santo André, 23 **de setembro de 2013.**

Assinatura do autor: Ednardo de Faria

Assinatura do orientador: Graciele Oliveira

Agradecimentos

Sou grato pelo convívio interdisciplinar com os discentes da Pós-graduação em Ciências Humanas e Sociais (PCHS) na Universidade Federal do ABC (UFABC), os quais são formados em diversas áreas do conhecimento, tais como história, sociologia, ciência política, economia, geografia, relações internacionais, comunicação social, advocacia, jornalismo, letras, pedagogia e enfermagem.

Meu interesse pelas nanociências e nanotecnologias em saúde humana teve origem no Bacharelado em Ciência e Tecnologia na UFABC, cujas disciplinas forneceram substrato para o estudo da história das ciências no Brasil e da política científica, tecnológica e de inovação. Assim, sou grato ao projeto pedagógico dessa universidade por ter me propiciado uma formação sistêmica.

Agradeço aos professores da PCHS, à banca de qualificação e à banca de defesa por suas críticas, as quais foram sendo importantes para o amadurecimento pessoal e dessa pesquisa. Em particular ao coorientador Rodrigo Ribeiro por me honrar com sua participação. Aos coordenadores da PCHS pelo apoio, bem como à UFABC e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa para pesquisa, aprendizado e formação.

Sou grato aos alunos da disciplina de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) quando fui estagiário de docência sob a supervisão da Graciela — orientadora, professora e inspiradora. Com ela entendi a importância de continuamente aprender a ler, compreender, escrever e falar. A orientação dela foi imprescindível para o início, evolução e finalização dessa pesquisa. Assim, dedico essa dissertação a ela por seu interesse no meu pleno crescimento, confiança e amizade.

Por fim, agradeço aos meus pais, José Braz de Faria e Aparecida Faustino de Faria, e família por seu amor.

thescientificcartoonist.com



This is how nanobots from a broken glass do away with the scientist who created them. After that they will destroy the rest of the world, naturally.

Tradução da epígrafe: Assim é como os nanorrobôs provenientes de um vidro quebrado liquidarão o cientista que os criou. Depois disso, eles destruirão o resto do mundo, naturalmente.
Fonte: The Scientific Cartoonist, 14 set. 2009.

Resumo

Este trabalho de mestrado teve por objetivo mapear o desenvolvimento e as características do que podemos nomear por nanomedicina, levando em consideração as pesquisas prospectivas, os conceitos e orientações das Políticas de Nanociências e Nanotecnologias (N&N) e uma avaliação das publicações na área. Temos por pressuposto que as políticas em N&N e seus ramos, como a nanomedicina, fomentaram a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação nessas áreas em consonância com as políticas idênticas, desde o fim do século XX nos Estados Unidos da América, Japão e alguns países da Europa. Estas políticas e os seus conceitos foram tanto internacionalizados como construídos localmente. Com o objetivo de entender desde quando, por que e como a nanomedicina tem se desenvolvido no Brasil consultamos: editais e publicações de ministérios e seus órgãos; dados das redes registradas no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); currículos na Plataforma Lattes; patentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI); artigos científicos no *Scopus*. Identificamos que as políticas brasileiras em N&N com foco em saúde humana são compostas de diversas políticas setoriais, sobretudo as políticas científica, tecnológica e de inovação, industriais, de saúde e de educação. No âmbito destas políticas foram instituídas as redes de pesquisa direcionadas para a formação de recursos humanos em diversas áreas e a pesquisa tecnocientífica com a participação das empresas. Nesse processo observamos como resultados o crescimento de artigos científicos, o desenvolvimento de produtos e o surgimento de empresas atuantes em nanomedicina. Dessa forma, a nanomedicina tem se desenvolvido no Brasil a partir de políticas públicas de fomento às N&N — iniciadas em 2001. E após doze anos de implementação dessas políticas gerais ainda não há o fomento específico para esta área. Assim, embora já exista em termos de recursos humanos, temas, grupos, patentes e publicações a nanomedicina manteve-se como subcategoria da nanobiotecnologia. Mediante essas considerações, a dissertação termina indicando quais iniciativas de financiamento que alavancariam a nanomedicina no país.

Palavras-chave: História das nanociências e nanotecnologia — Brasil; Política em N&N — Brasil; Tecnociência; Prospecção Tecnológica; Rede de Pesquisa.

Abstract

This master thesis aimed to map the development and characteristics of what we can name by nanomedina, taking into consideration the prospective studies, the concepts and guidelines of Nanosciences and Nanotechnologies (N&N) Policy and a review of published data. We have by premise that Policies in N&N and their branches, as nanomedicine, promoted the research, development and innovation in these areas in accordance with the similar policies since the end of the twentieth century in the United States, Europe and Japan. These policies and its concepts were envolved as both internationalized and locally in this process. We aim to understand when, why and how nanomedicine was developed in Brazil. We use notices and publications of ministries and agencies, data networks registered in the Directory of Research Groups of National Council for Scientific and Technological Development (CNPq); curricula in Lattes Platform; patents at the National Institute of Intellectual Property (INPI); scientific articles in Scopus. We identified that Brazil's policies in N&N are composed of various sectoral policies, especially policies for science, technology and innovation, industrial, but include, healthcare and education too. Under these policies there were established research networks to train human resources in various areas and technoscientific research with business involvement. In this process, we observe the growth of scientific article, product development, and emergence of companies operating in nanomedicine. Thus, nanomedicine has been developed in Brazil by the creation of public policies to N&N - initiated in 2001 - which were based on a vision that the N&N would be increasingly important for competitiveness in various economic sectors, including human health in the future. And after twelve years of implementation of these policies is still no specific promoting to this area. Thus, although there is in terms of human resources, issues, groups, patents and publications nanomedicine remained as a subcategory of nanobiotechnology. Through these considerations, the dissertation ends indicating what funding initiatives that would boost nanomedicine in the country.

Keywords: History of nanoscience and nanotechnology – Brazil, Politics in N&N – Brazil, Technoscience, Technological Forecasting, Network Research.

Lista de figuras

Figura 1 — Estruturas biológicas e nanoestruturas na escala nanométrica.....	13
Figura 2 — Mapa das políticas brasileiras em N&N no âmbito das políticas setoriais.....	17
Figura 3 — Grafos da rede de colaboração de um a cinco pesquisadores.....	31
Figura 4 — Trajetórias tecnológicas e principais limitações por tópico tecnológico em nanobiotecnologia no Brasil (2008–2025).....	44
Figura 5 — Distribuição dos projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde (2004–2010), mapa à esquerda, e o total de projetos apoiados, mapa à direita (2004–2012).....	52
Figura 6 — Área do conhecimento e ano de criação dos grupos com linhas de pesquisa em nanomedicina.....	69
Figura 7 — Artigos de autores brasileiros em nanomedicina por tópico tecnológico (1998–2012).....	71
Figura 8 — Patentes de autores brasileiros em nanomedicina por tópico tecnológico (2004–2010).....	73
Figura 9 — Rede de colaboração na publicação de artigos científicos de autores brasileiros em nanomedicina (1987–2012).....	101

Lista de tabelas

Tabela 1 — Público consultado para a elaboração da NanoDelphi.....	41
Tabela 2 — Tópicos tecnológicos em nanomedicina compreendidos na área de nanobiotecnologia na prospecção tecnológica da ABDI e CGEE e setores impactados.....	43
Tabela 3 — Condicionantes para o desenvolvimento da nanobiotecnologia (2008–2025).....	45
Tabela 4 — Associação entre os tópicos tecnológicos de nanomedicina da ETPN e de nanobiotecnologia da prospecção da ABDI e CGEE.....	46
Tabela 5 — Distribuição dos projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde por subagendas e tópicos tecnológicos.....	53
Tabela 6 — Cursos de pós-graduação recomendados pelo Ministério da Educação com o prefixo "nano".....	55
Tabela 7 — Publicações sobre N&N realizadas pela ABDI e foco em nanomedicina	56
Tabela 8 — Produção das redes de N&N apoiadas pelo CNPq (2001-2004).....	58
Tabela 9 — Projetos aprovados em nanomedicina nos editais: MCT/CNPq nº 01/2003 e nº 12/2004.....	60
Tabela 10 — Redes de N&N aprovadas no Edital MCT/CNPq nº 29/2005.....	62
Tabela 11 — Pesquisas em nanomedicina realizadas em empresas com fomento da Finep.....	64
Tabela 12 — Periódicos com mais publicações de autores brasileiros em nanomedicina (1987–2012).....	72
Tabela 13 — Apoio das políticas brasileiras para os pesquisadores em nanomedicina com mais colaborações na publicação de artigos.....	76
Tabela 14 — Ações realizadas pelo MCTI e seus órgãos (CNPq e Finep) para o fomento às N&N.....	97
Tabela 15 — Caracterização dos pesquisadores brasileiros com mais colaboração na publicação de artigos em nanomedicina.....	102

Lista de siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNCTI	Conferência(s) Nacional(is) de Ciência, Tecnologia e Inovação
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
ETPN	Plataforma Tecnológica Europeia em Nanomedicina
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
N&N	Nanociências e nanotecnologias
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

Sumário

INTRODUÇÃO.....	13
Mapa das políticas brasileiras em N&N no âmbito das políticas setoriais.....	15
As prospecções tecnológicas brasileiras.....	22
Objetivos.....	23
Pressupostos teóricos.....	23
Metodologia.....	29
Estrutura da dissertação.....	32
1 AS CARACTERÍSTICAS DA NANOMEDICINA NOS ESTUDOS PROSPECTIVOS: CONCEITOS, TÓPICOS TECNOLÓGICOS E TRAJETÓRIAS PROJETADAS.....	34
1.1 Considerações iniciais.....	34
1.2 As características da nanomedicina abordadas pela literatura e estudos prospectivos.....	34
1.2.1 As características da nanomedicina abordadas pelas pesquisas brasileiras em ciências humanas e sociais.....	34
1.2.2 Os conceitos, os tópicos tecnológicos e o impacto econômico da nanomedicina nos Estados Unidos da América e na União Europeia.....	36
1.2.3 A prospecção NanoDelphi e os tópicos tecnológicos.....	40
1.2.4 Mapa tecnológico da nanomedicina no Brasil: tópicos tecnológicos, setores impactados, trajetórias projetadas e condicionantes para a nanobiotecnologia na prospecção da ABDI e CGEE.....	42
1.3 Considerações finais.....	46
2 O DESENVOLVIMENTO DA NANOMEDICINA A PARTIR DA INDUÇÃO DAS N&N PELAS POLÍTICAS SETORIAIS BRASILEIRAS.....	47
2.1 Considerações iniciais.....	47
2.2 Breve histórico da política de saúde e a sua dinâmica de inovação.....	49
2.3 O apoio das políticas setoriais para o desenvolvimento da nanomedicina.....	51
2.3.1 Políticas de saúde.....	51
2.3.2 Políticas de educação.....	54
2.3.3 Políticas industriais.....	56
2.3.4 Políticas científica, tecnológica e de inovação.....	57
2.4 Considerações finais.....	65

3 MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM NANOMEDICINA NO BRASIL.....	68
3.1 Considerações iniciais.....	68
3.2 Análise das redes de pesquisa em nanomedicina.....	68
3.2.1 As áreas de pesquisa e as instituições participantes dos grupos de pesquisa registrados no CNPq.....	68
3.2.2 A produção de artigos científicos e patentes de autores brasileiros em nanomedicina.....	70
3.2.3 Um olhar sobre o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil por meio dos tópicos tecnológicos da ABDI e CGEE para nanobiotecnologia.....	74
3.2.4 Os pesquisadores em nanomedicina com mais colaborações na publicação de artigos científicos.....	75
3.3 Considerações finais.....	78
CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
Bibliografia.....	82
Fontes — documentos.....	87
Fontes — sites.....	94
GLOSSÁRIO.....	96
ANEXOS.....	97
I — Ações de fomento às N&N apoiadas pelo MCTI e seus órgãos: CNPq (2001–2012) e Finep (2004–2009).....	97
II — Redes de colaboração na publicação de artigos científicos em nanomedicina no Brasil.....	101

INTRODUÇÃO

Levando em consideração as pesquisas prospectivas, os conceitos e orientações das Políticas de Nanociências e Nanotecnologias (N&N) e uma avaliação das publicações na área, esta pesquisa buscou mapear e descrever o estado da arte do que podemos chamar de nanomedicina no país. Entendemos que suas características e desenvolvimento, ainda que moldadas por fatores circunstanciais, apresentam aspectos em conformidade com os modelos da política científica, tecnológica e de inovação e com a constituição do setor de pesquisa em saúde brasileiro. Entendemos a nanomedicina como um ramo particular da nanobiotecnologia, cuja produção científica e tecnológica possa resultar em novos produtos e processos para a saúde humana. O conceito de nanobiotecnologia para fins dessa dissertação refere-se à interface das N&N com as ciências da vida. Primeiramente abordaremos a questão: afinal, o que são as N&N?

As N&N são baseadas em novas propriedades da matéria com pelo menos uma dimensão com cerca de dez a cem nanômetros. A unidade nanômetro corresponde a um metro dividido por um bilhão. As nanoestruturas são arranjos de átomos ou moléculas com propriedades específicas. Observamos na Figura 1 como as nanoestruturas com potencial de aplicação em saúde humana têm um tamanho próximo ao do vírus e são bem menores do que uma célula.

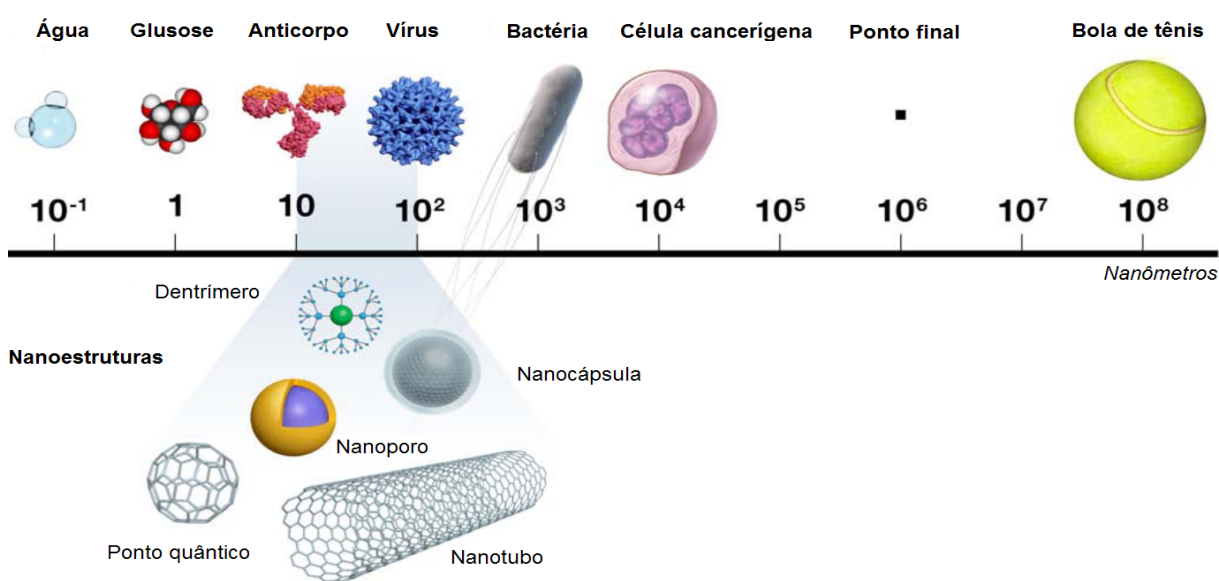


Figura 1 — Estruturas biológicas e nanoestruturas na escala nanométrica

Fonte: Institutos Nacionais da Saúde (NIH, 2009, p. 8, tradução minha).

Na natureza, as nanoestruturas são encontradas na cauda do pavão, nas ventosas das patas da lagartixa e na composição do dente (ABDI, 2010a, p. 15–16). Artificialmente, nota-se hoje a presença de nanoestruturas em espadas mais resistentes produzidas no século X e nas cores específicas de vitrais no século XIII (ABDI, 2010a, p. 18).

Mas a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em N&N tiveram início apenas no século XX com o desenvolvimento da física quântica e da microeletrônica. Em 1981 foi desenvolvido um novo tipo de instrumento para manipulação de um átomo por meio de uma ponta nanométrica. O microscópio de tunelamento foi uma inovação construída pelos físicos Gerd Binnig e Heinrich Rohrer na International Business Machines (IBM) de Zurique (ABDI, 2010a, p. 19), abrindo novas relações entre as iniciativas privadas e públicas na construção do conhecimento científico e tecnológico em N&N.

Os conceitos científicos e tecnológicos de N&N têm mudado rapidamente em face da criação de instrumentos, métodos e conceitos. A definição de nanomaterial da Comissão Europeia, em outubro de 2011¹, buscava substituir a definição da Organização Internacional para Padronização (ISO) para esse tema, estabelecida em 2005, tendo em vista o parâmetro de distribuição do número-tamanho²:

Por «nanomaterial», entende-se um material natural, incidental ou fabricado, que contém partículas num estado desagregado ou na forma de um agregado ou de um aglomerado, e em cuja distribuição número-tamanho 50% ou mais das partículas têm uma ou mais dimensões externas na gama de tamanhos compreendidos entre 1 nm e 100 nm. Em casos específicos e sempre que tal se justifique devido a preocupações ambientais e ligadas à saúde, segurança e competitividade, o limiar da distribuição número-tamanho de 50% pode ser substituído por um limiar compreendido entre 1 e 50% (COMISSÃO EUROPEIA, 2011, p. 40).

No Brasil, os produtos baseados em N&N são comercializados em pigmentos para tintas, secadores de cabelo, lápis, esterilizadores de água, cosméticos e palmilhas (ABDI, 2010a, p. 33). O crescimento de artigos, patentes e produtos em N&N tem sido exponencial e há projeções de que as N&N alcançariam um mercado mundial de um trilhão de dólares em 2015 (ABDI, 2010a, p. 29). Todavia as N&N não têm se constituído como um novo setor

1 O conceito de nanomaterial da Comissão Europeia foi o mais recente que encontramos. A constituição do conceito de nanomaterial e N&N é um tema profícuo e pouco compreendido.

2 O parâmetro número-tamanho indica a proporção de partículas com tamanho nanométrico em relação total de partículas, mas ponderado pelo tamanho da superfície das partículas (COMISSÃO EUROPEIA, 2011, p. 39).

econômico (ABDI e CGEE, 2010, p. 5). O que se nota é sua característica de alterar a competitividade de vários setores econômicos já estabelecidos.

Por outro ponto de vista, o entendimento sobre a toxicidade das nanoestruturas na saúde e no meio ambiente ainda está sendo constituído nas comunidades de especialistas. Assim, as inovações em N&N têm precedido o consenso sobre suas implicações.

Observamos que os países têm mobilizado o desenvolvimento das N&N por meio de duas facetas da política. Primeiramente, pela criação de políticas específicas para a qualificação de recursos humanos e a melhoria da infraestrutura de pesquisa tendo em vista o aumento da competitividade. Em segundo lugar pela política de regulamentação dos produtos e processos baseados em N&N, alterando as relações de produção e consumo, incluindo as práticas científicas. Essa dissertação foi delimitada para a primeira dimensão das políticas públicas em N&N, pois nosso foco está na construção dos conhecimentos científicos, tecnológicos e de inovação da nanomedicina. Excluímos a segunda por que a arena política para a definição das regulamentações ainda está em processo de constituição³. Ademais, incluir tal objeto ampliaria por demais o escopo dessa pesquisa.

A próxima questão para compreendermos o objeto dessa dissertação é identificar como a produção científica, tecnológica e de inovação em N&N tem sido apoiada pelas políticas de fomento no Brasil. Faremos isso para poder tomar a nanomedicina como caso específico.

Mapa das políticas brasileiras em N&N no âmbito das políticas setoriais

As políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (N&N) para fins dessa dissertação são as políticas públicas de fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação nessa área. Estas políticas foram promovidas por

³ No Congresso Nacional houve duas iniciativas para a regulamentação das N&N: o Projeto de Lei nº 5076/05, do deputado federal Edson Duarte, e o o Projeto de Lei nº 131/10, do médico e senador Sebastião Afonso Viana Macedo Neves. O primeiro foi rejeitado na Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática, com a justificativa de que existiam leis aplicáveis à nanotecnologia e a regulamentação baseada na precaução comprometeria diversos setores econômicos. O projeto de Tião Viana, rejeitado em julho de 2013, buscava “determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato” (SENADO FEDERAL, 2010, p. 1). Essa questão tem sido investigada por alguns grupos de pesquisa, mais notadamente a Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma) e a pesquisadora Julia Silvia Guivant, professora da Universidade Federal de Santa Catarina.

atores institucionais filiados a diferentes políticas setoriais (marcadas nos retângulos da Figura 2 na página seguinte e abordadas posteriormente).

No setor da saúde humana, estas políticas provêm sobretudo das políticas científica, tecnológica e de inovação; políticas industriais; políticas de saúde; políticas de educação. Com esse recorte nossa documentação consta de editais, prospecções tecnológicas e publicações que abrangiam estas políticas setoriais. Não incluímos as políticas direcionadas para outros ramos das N&N visto que essa pesquisa tem o foco na área da saúde humana. Essa delimitação é importante, pois o arranjo de atores, demandas sociais e econômicas e o sistema de pesquisa, desenvolvimento e inovação são específicos em cada setor. Por exemplo, para a área de saúde animal, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento desempenha um papel importante no fomento às N&N por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (JARDIM, 2009).

A política de ciência, tecnologia e inovação vigente é direcionada pelas diretrizes estabelecidas nas “Conferências Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação” (CNCTI). A “II CNCTI” ocorreu em 2001 — 16 anos depois da primeira, realizada em 1985. No documento de referência dessa conferência, chamado de “Livro Verde”, há uma seção apresentando as N&N, como uma fronteira recente do conhecimento com potenciais aplicações para a saúde humana:

O desenvolvimento de novos fármacos e de sistemas de entrega controlada de drogas está em fase de avanço acelerado. Sistemas híbridos combinando tecidos artificiais e naturais destinados à substituição de órgãos no corpo humano e para colocação direta no interior de células são uma área de pesquisa adiantada (SILVA e MELO, 2001, p. 81).

Na descrição do “Livro Verde” (veja trecho citado acima) ainda não estava explícito o estágio avançado dessa área em outros países. As primeiras patentes em nanobiotecnologia foram registradas a partir de 1981, primeiramente nos países desenvolvidos (Estados Unidos da América, Japão e alguns países da União Europeia), sendo seguidos por Coreia do Sul e Taiwan (ABDI e CGEE, 2010). Dessa forma, o Brasil iniciou suas políticas em N&N, em 2001, depois de uma trajetória já constituída nos países mais dinâmicos na produção de conhecimentos científico e tecnológico.

O “Livro Verde” contém o primeiro levantamento sobre o perfil dos pesquisadores brasileiros em N&N, realizado em 2000. Nele são indicados “120 cientistas atuando em áreas diretamente relacionadas a problemas de

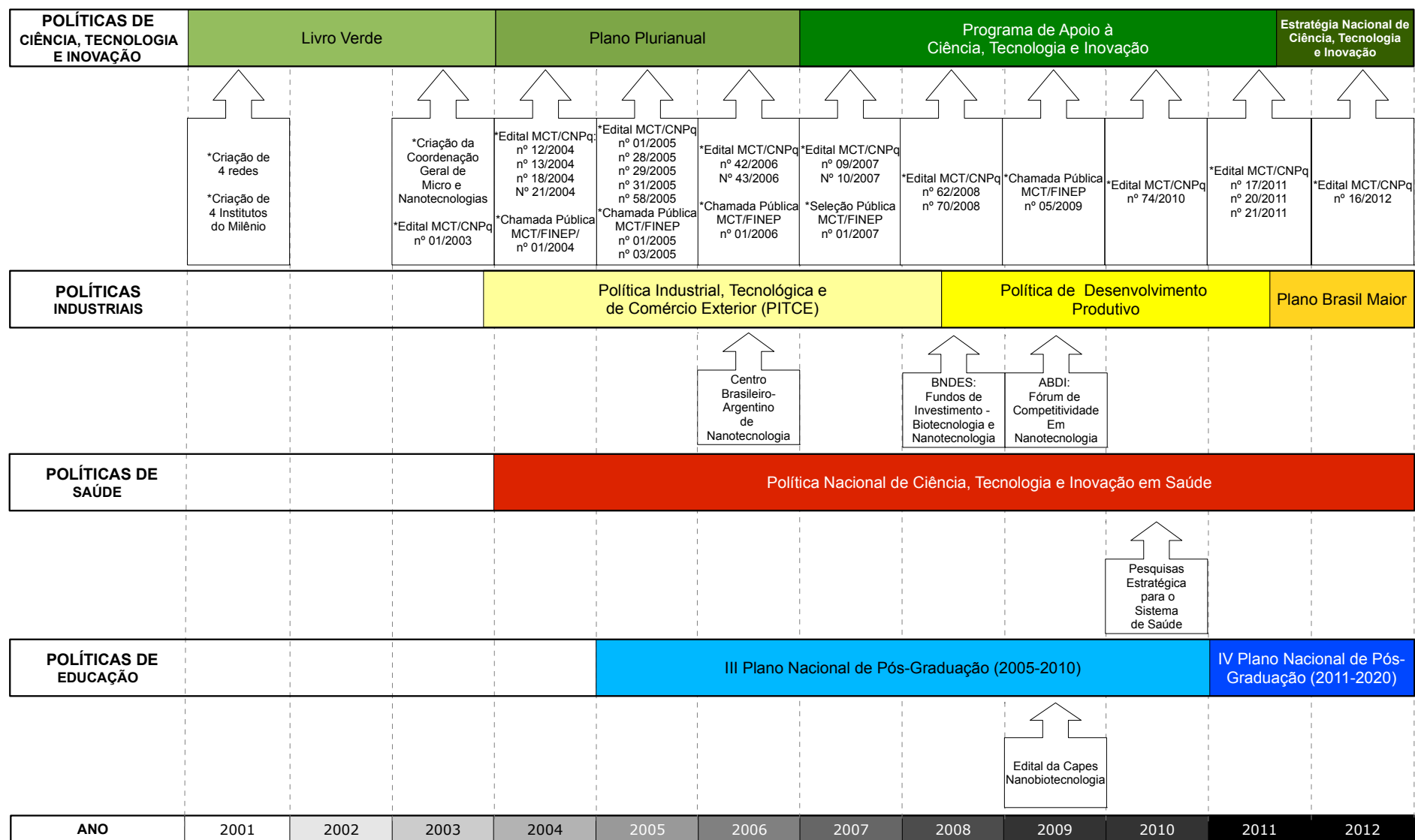


Figura 2 — Mapa das políticas brasileiras em N&N no âmbito das políticas setoriais

Fonte: Autoria própria como dados dos sites da ABDI (2013) e MCTI (2013) (veja documentos ao final).

nanoescala, seja em química, biologia, física, biotecnologia, farmácia, eletrônica ou agricultura” (SILVA e MELO, 2001, p. 82).

Assim, as N&N foram reconhecidas desde o início das políticas brasileiras de fomento, no século XXI, como um campo multi, inter e transdisciplinar com aplicações em diversos setores econômicos e da sociedade (SILVA e MELO, 2001, p. 79).

A “III Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação” (CNCTI) ocorreu, em 2005, no âmbito das orientações do “Livro Verde”. A “IV CNCTI”, realizada em 2010, produziu um documento de referência, denominado de “Livro Azul”, com orientações para a política científica, tecnológica e de inovação no decênio entre 2001 e 2020. Este documento destacou as novas possibilidades tecnológicas provenientes da “nanotecnologia” (MCTI e CGEE, 2010, p. 51):

No caso da nanotecnologia, o número potencial de aplicações para materiais nanoestruturados é difícil de ser dimensionado, pelo amplo leque de propriedades distintivas que cada um deles apresenta, permitindo antecipar uma nova geração de materiais mais eficientes e com aplicações customizadas (MCTI e CGEE, 2010, p. 51).

As diretrizes da “Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação”, com vigência entre 2012 e 2015, foram elaboradas a partir da “IV CNCTI”. Nela o objetivo da política de ciência, tecnologia e inovação para as N&N seria “promover a geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando o aumento da competitividade da indústria brasileira” (MCTI, 2012, p. 74).

As N&N foram incluídas nas políticas industriais a partir da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em 2003. As diretrizes da PITCE referem-se às N&N como uma tecnologia “portadora de futuro” (CASA CIVIL *et al.*, 2003, p. 5). Mais especificamente, justificava-se o fomento às N&N em face do deficit na balança comercial no setor de química fina, que inclui os fármacos. Todavia, um segundo fator foi destacado como mais importante para o desenvolvimento das N&N:

Tais setores [de química fina] estão fortemente vinculados ao que se convencionou caracterizar como economia do conhecimento. Nestas áreas, os fatores inovação e qualificação de pessoal são críticos. Nelas, a fronteira do conhecimento se move rapidamente, fundindo-se com áreas de futuro, como nanotecnologia, biotecnologia e novos materiais. Para o equilíbrio externo de médio e longo prazo, é fundamental que um país como o Brasil não se distancie das áreas mais dinâmicas do conhecimento (CASA CIVIL *et al.*, 2003, p. 5).

O “Plano de Desenvolvimento Produtivo” foi lançado em maio de 2008, como continuidade da PITCE, mas com programas temáticos e um outro modelo de governança (MDIC, 2011a, p. 10). Nele as N&N foram consideradas como áreas estratégicas, demandando ações de fomento de diversos atores institucionais⁴. Mas no âmbito da participação de atores governamentais na área de saúde humana nota-se a ausência do Ministério da Saúde, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro)⁵. Tal ausência, em 2008, indica que as ações de fomento necessitavam de maior integração entre os atores na governança das políticas de fomento às N&N.

O “Plano de Desenvolvimento Produtivo” reconhecia o potencial das N&N no setor médico e farmacêutico, como “nichos de mercado com potencial de competitividade” (MDIC, 2011a, p. 39). Tal documento identificava quatro desafios para o desenvolvimento das N&N: “incentivar empresas de base nanotecnológica; expandir formação de RH [recursos humanos] especializado; atrair investimento em P&D [pesquisa e desenvolvimento]; adequar marco legal” (MDIC, 2011a, p. 39).

O “Plano Brasil Maior”, lançado em agosto de 2011, sucedeu o “Plano de Desenvolvimento Produtivo”, como política industrial e de comércio exterior coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Na área de incentivo à inovação, este programa propôs que “as políticas em curso devem ser aprofundadas, buscando maior inserção em áreas tecnológicas emergentes”, incluindo as N&N (MDIC, 2011b, p. 20). Tal escolha representa uma continuidade da estratégia das políticas vigentes ao priorizar algumas áreas promissoras, como novas construções do conhecimento científico e tecnológico com impacto na competitividade de diversos setores econômicos e na sociedade como um todo.

Conforme destacado acima, ao longo das políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação percebemos um esforço de aproximação em torno da

4 Instituições explicitadas pelo “Plano de Desenvolvimento Produtivo” na gestão das políticas de fomento às N&N: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projeto (Finep), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), Petrobras, Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX) (MDIC, 2011a, p. 18).

5 Instituição de pesquisa sobre a proteção e saúde do trabalhador ligada ao Ministério do Trabalho e Emprego.

competitividade, ou ainda, de aproximação da construção do conhecimento com os setores produtivos. Essa adesão a uma diretriz que visa a desenvolver a ciência e tecnologia para a inovação — já presente na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) em 2003 — está explicitada no “Plano Brasil Maior”:

As propostas da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2011-2014, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), devem ser o cerne dos esforços de incentivo à inovação do Plano Brasil Maior (MDIC, 2011b, p. 21).

Assim, o alinhamento das políticas setoriais do MCTI e MDIC para o incentivo à inovação tendem a constituir um elo dos mais fortes no arranjo de atores participantes das políticas brasileiras em N&N. E o setor de saúde humana? A partir daqui, buscamos identificar a participação das políticas de saúde no incentivo às N&N.

A “1ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde”, em 1994, recomendou a criação de uma Secretaria de Ciência e Tecnologia ligada ao Ministério da Saúde, a qual foi constituída em 2003 (GOLDBAUM e SERRUDA, 2007, p. 46). A “Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde” foi aprovada na conferência seguinte, realizada em 2004. Esta política recomendava “aumentar a capacidade indutora em P&D em Saúde aproximando-a das necessidades da política de Saúde”, bem como reconhecia o potencial das N&N no setor de saúde humana (DECIT, 2005, p. 53).

Nesse contexto, o Ministério da Saúde seria mais participativo no fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação em saúde humana, incluindo a nanomedicina (DECIT, 2008). Assim, as N&N em saúde foram indicadas como prioritárias — entre outras áreas — para dois dos dezesseis objetivos estratégicos da “Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde”, a saber:

nº 12 Fortalecer o complexo industrial e de ciência, tecnologia e inovação em saúde como vetor estruturante da agenda nacional de desenvolvimento econômico, social e sustentável, reduzindo a vulnerabilidade do acesso à saúde e da assistência farmacêutica no âmbito do SUS [Sistema Único de Saúde] (DECIT, 2011, p. 75).

nº 15 Implementar ações de saneamento básico e saúde ambiental, de forma sustentável, para a promoção da saúde e redução das desigualdades sociais (DECIT, 2011, p. 88).

Contudo, até o momento não identificamos editais do Ministério da Saúde exclusivo em N&N. Sem uma política específica no Ministério da Saúde para as N&N, notamos que os projetos nessa área estão sendo apoiados no âmbito dos editais temáticos existentes. Embora o Ministério da Saúde esteja menos articulado com outras instituições no fomento às N&N, o décimo segundo objetivo estratégico (veja trecho citado na página anterior) levaria a maior aproximação das políticas de saúde com as políticas industriais e científica, tecnológica e de inovação. Uma política específica do Ministério da Saúde para as N&N é relevante em face de um contexto de estruturação do complexo econômico-industrial de saúde, demandas de saúde pública e uma balança comercial de produtos de saúde deficitária.

Pensando na política de incentivo à pesquisa científica, tecnológica e de inovação, sabemos que a formação de profissionais qualificados é uma de suas principais funções (MOREL, 1979, p. 20). De fato, os interesses das comunidades de pesquisa e a indução da formação de recursos humanos levaram 9.344 pesquisadores brasileiros de 1.573 instituições a publicarem 4.945 artigos científicos em N&N entre 1998 e 2009 (OLIVEIRA, 2011, p. 63).

O “III Plano Nacional de Pós-graduação (2005-2010)” da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) — instituição vinculada ao Ministério da Educação —, informava ser “preciso inserir a política de formação de recursos humanos no contexto da política industrial brasileira”. Nele havia uma recomendação de maior estímulo à formação de pesquisadores em N&N no nível de pós-graduação (CAPES, 2004, p. 50).

O “IV Plano Nacional de Pós-graduação (2010-2020)” indicava as N&N como áreas prioritárias citando a “IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação” (CAPES, 2010, p. 20). Por isso, observaremos posteriormente que a política de educação em nível de pós-graduação tem incentivado as N&N em conjunto com as políticas científica, tecnológica e de inovação e industriais.

Nota-se, portanto, todo um esforço dos diversos atores para a indução do desenvolvimento das N&N tendo em vista sua importância para a competitividade no futuro. Buscando entender como essa visão de futuro foi construída, apresentaremos as prospecções tecnológicas brasileiras em N&N na próxima seção.

As prospecções tecnológicas brasileiras

As prospecções tecnológicas são instrumentos utilizados para a elaboração e avaliação de políticas de fomento baseadas na visão de futuro de um grupo de especialistas (ALENCAR, 2008, p. 61). No Brasil, as prospecções tecnológicas tiveram início no final da década de 1980 (ALENCAR, 2008, p. 61). Em 2000, por exemplo, o MCTI lançou o “Programa Prospector — Desenvolvimento de Atividades de Prospecção em Ciência e Tecnologia” para identificação de tendências tecnológicas em oito áreas, incluindo saúde, baseado na consulta Delphi⁶ (ALENCAR, 2008, p. 62).

No Brasil foram realizados dois estudos prospectivos sobre as nanociências e nanotecnologias (N&N), ambos baseados no método Delphi:

a) “Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia”: estudo realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2005, sob demanda do MCTI (CGEE, 2005, p. 9);

b) “Visão de Futuro da Nanotecnologia no Brasil: 2008–2025”: lançada pela ABDI e CGEE em 2010 (ABDI e CGEE, 2010).

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma organização que apoia as políticas de ciência, tecnologia e inovação por meio da avaliação das mesmas e da elaboração de estudos prospectivos. O Conselho Administrativo deste centro é composto por representantes do poder público e de entidades da sociedade civil que representam os cientistas e os empresários.

A prospecção tecnológica da ABDI e CGEE foi baseada nas diretrizes para as políticas de fomento das N&N recomendações pela NanoDelphi, publicada em 2005. Esta prospecção apresentou o desenvolvimento de cada tópico tecnológico em três períodos: curto prazo, entre 2008 e 2010 (2 anos); médio, entre 2010 e 2015 (5 anos); longo, entre 2015 e 2025 (10 anos).

Na NanoDelphi, as N&N foram organizadas em 79 tópicos tecnológicos, enquanto na prospecção mais recente — da ABDI e CGEE —, constavam 49 tópicos em seis áreas: “nanobiotecnologia, nanoambiente, nanomateriais, nanofotônica, nanoeletrônica, nanoenergia” (ABDI e CGEE, 2010, p. vi). Em ambas prospecções, todo tópico foi atribuído a apenas uma das áreas, embora

⁶ O método Delphi tem o objetivo de consolidar as informações de uma comunidade de especialistas. Nesse método, um questionário é enviado consultando a opinião sobre um tema. As respostas são consolidadas e apresentadas aos respondentes para que avaliem se estão de acordo com a lista. Esse procedimento se repete até se aproximar de um consenso.

alguns tópicos pudessem fazer parte de mais de uma área, dada a natureza interdisciplinar das N&N (ABDI e CGEE, 2010).

Considerando os quatro anos decorridos do início da projeção da ABDI e CGEE em relação a essa dissertação, poderemos caracterizar o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos referentes à nanomedicina até 2012. Não buscamos com esta pesquisa uma representação exaustiva, dado que a área está em crescimento exponencial, bem como as relações entre os atores têm se modificado. Tal como uma fotografia, registamos um momento e um fragmento. Estamos, portanto, cientes de que a subdivisão que estamos fazendo — ao focar em um ramo das N&N — é apenas uma aproximação ao objeto de estudo assim como executado pela metodologia dos estudos prospectivos para as N&N.

Objetivos

Considerando a relevância da nanomedicina para o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação em saúde humana a questão a que esta dissertação se propõe a investigar é: desde quando, por que e como a nanomedicina tem se desenvolvido no Brasil? Delimitamos em abordar o surgimento e o desenvolvimento dessa área no âmbito das políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (N&N) em face das prospecções tecnológicas. Para isso, focaremos nos objetivos específicos:

a) Quais as características dos tópicos tecnológicos em nanomedicina na prospecção tecnológica em N&N do Brasil em comparação com a prospecção em nanomedicina da União Europeia?

b) Quais atores têm participado do fomento à nanomedicina no Brasil no âmbito das políticas científica, tecnologia e de inovação, industriais, de saúde e de educação?

c) Como se constitui a pesquisa em nanomedicina no Brasil em termos das colaborações entre institutos de ciência e tecnologia e as empresas e entre pesquisadores formados em diferentes áreas?

Pressupostos teóricos

Do ponto de vista da política científica, tecnológica e de inovação, entendemos que a organização da produção dos conhecimentos depende da

articulação entre os diferentes atores, podendo seguir um ou mais paradigmas de políticas públicas de fomento (VELHO, 2011, p. 129). Por isso, discutiremos as quatro visões de paradigmas da política científica, tecnológica e de inovação apresentadas por Velho (2011) para o período posterior à Segunda Guerra Mundial.

O primeiro paradigma de política científica, tecnológica e de inovação consolidou-se com a Segunda Guerra Mundial e nos anos 1950, segundo a expressão: “ciência como motor do progresso” (VELHO, 2011, p. 138). Nos países mais dinâmicos em inovação, todavia, o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e tecnológicos visando ao aumento da competitividade teve início no fim do século XIX baseados, sobretudo, na produção de produtos e processos na fronteira da física e da química (MOWERY e ROSENBERG, 2005 [1998], p. 24).

Se antes da Segunda Guerra, o orçamento para pesquisa em ciência e tecnologia era relativamente pequeno, com o fim da guerra “a participação, no Produto Nacional Bruto e na mão-de-obra, das despesas com pesquisa e desenvolvimento, cresceu tão rapidamente, que se propôs o problema de verificar quais devem ser os limites desse crescimento” (BEN-DAVID, 1974 [1971], p. 240). Dessa forma, foram criadas instituições para a coordenação estatal da política científica e tecnológica, nas quais a avaliação da política científica, tecnológica e de inovação seria responsabilidade das comunidades científicas (VELHO, 2011, p. 138).

As características de um Estado centralizador e a subvenção da pesquisa básica foi estendida para o pós-guerra (FURTADO, 2005, p. 41). Esse modelo de organização das instituições foi conhecido como linear-ofertista (DAGNINO, 2007, p. 28). No modelo linear o processo de inovação seria unidirecional seguindo a sequência: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação (CAMPOS, 2006, p. 143).

No segundo paradigma (“ciência como solução e causa de problemas” — décadas de 1960 e 1970) a produção de conhecimento foi vinculada a áreas prioritárias em um modelo ainda linear, mas impulsionado pela demanda (VELHO, 2011, p. 140). A governança da política científica, tecnológica e de inovação foi compartilhada pela comunidade científica, servidores públicos e políticos (VELHO, 2011, p. 141). Com isso, pessoas com diferentes níveis de familiaridade com o conhecimento científico e tecnológico foram incluídas no

processo político de formulação da política de ciência e tecnologia.

Alguns movimentos sociais questionaram a neutralidade da ciência e o determinismo tecnológico com críticas à Guerra do Vietnã, automação do trabalho, degradação do meio ambiente e concentração de renda (VELHO, 2011, p. 139). Além disso, os estudos historiográficos de Thomas Kuhn (2006 [1962]) contribuíram para a substituição da visão positivista de acúmulo das ciências naturais por uma percepção de rupturas conceituais produzidas na crise dos paradigmas.

Nesse período, os pesquisadores latinoamericanos iniciaram a investigação sobre os obstáculos institucionais e conceituais que restringiam o desenvolvimento da ciência, incluindo o modelo linear-ofertista e a relação entre centro e periferia (DAGNINO, 2007, p. 27–28). Rattner (1980 [1973], p. 60), por exemplo, criticou as implicações sociais das mudanças tecnológicas: “quem se beneficia de sua introdução no processo social de produção, distribuição e consumo”?

Nas décadas de 80 a 90, os estudos sociais da ciência e da tecnologia abordaram a construção dos artefatos e fatos científicos e tecnológicos, como produções culturais e que contêm valores (BIJKER, 2010). Winner (2008 [1986]), por exemplo, argumentou que algumas tecnologias podem desempenhar um papel político na sociedade. A etnografia de laboratório, em particular, tem mostrado a influência do social na transcrição de resultados de experimentos em controvérsias e fatos científicos (LATOUR, 2000 [1987], LATOUR, 2001 [1999]). Em abordagens mais radicais, por exemplo, a ciência é produzida em uma dinâmica social e política por um coletivo de atores que inclui cientistas, técnicos, amostras e instrumentos (LATOUR, 2001 [1999]).

O terceiro paradigma da política científica, tecnológica e de inovação — constituído nas décadas de 1980 e 1990 — considera a “ciência como fonte de oportunidade estratégica” (VELHO, 2011, p. 142). O conhecimento seria produzido na interação entre diversos atores (universidades, institutos de pesquisa, empresas, hospitais, organização não governamental etc.) associados em redes (VELHO, 2011, p. 143). Nesse processo, “o setor privado-empresarial tem ocupado um espaço cada vez maior do financiamento e execução da pesquisa” (FURTADO, 2005, p. 41).

A passagem do paradigma linear para redes ou interativo foi acompanhada de muitos estudos empíricos que corroboraram um modelo complexo e não-

linear de interação entre as pesquisas realizadas nas instituições de ensino superior e as empresas (CAMPOS, 2006, p. 163). Algumas novas áreas foram caracterizadas pela sua “pervasividade”⁷, ou seja, a capacidade de levar a “formas mais complexas de organização da pesquisa, redefinindo critérios de alocação de recursos e de financiamento da pesquisa, critérios esses que têm impactos expressivos nos modos de se fazer ciência e tecnologia” (SALLES, 2000, p. 39).

O conhecimento proveniente desse tipo de financiamento tem sido tratado como informação proprietária (VOLTI, 2010, p. 69). Nesse sentido, Oliveira (2004, p. 246) observou que a fusão dos conhecimentos científico e tecnológico em tecnociência foi intensificada por um processo de mercantilização do conhecimento científico:

(...) a mercantilização da tecnologia apoia-se no sistema de patentes e data da época em que elas viraram mercadorias; a mercadorização da ciência está em curso no momento, fazendo parte da essência do processo de reforma liberal imposto à Universidade (OLIVEIRA, 2004, p. 246).

A apropriação da rubrica tecnociência tem diferentes aderências nos setores econômicos (OLIVEIRA, 2004; VOLTI, 2010, p. 69). Essa característica da natureza da nanomedicina será investigada nessa dissertação, ou seja, se de fato é uma tecnociência tal como argumentam Mattedi *et al.* (2011, p. 124): “a noção de tecnociência será entendida, então, como a fusão da ciência, tecnologia, indústria e os sistemas econômico/financeiros que financiam este complexo de relações”.

Há um quarto paradigma de política científica, tecnológica e de inovação, qual seja da “ciência para o bem da sociedade”, que está em processo de constituição conforme Velho (2011, p. 148). Nele a visão de ciência incluiria um complexo debate sobre democratização, que foi abordado, por exemplo, por Collins e Evans (2002), Jasanoff (2003) e Latour (2004 [1999]), compreendendo os problemas de criação de expertise e de governança democrática. As políticas de ciência, tecnologia e inovação em tal modelo teriam, por exemplo, maior escopo de participação da sociedade na elaboração, execução e avaliação da construção do conhecimento que está sendo apoiado pelo Estado.

7 Salles (2000) utilizou o termo *pervasiveness*, originário do inglês, para conceituar a “pervasividade”, como a “capacidade e velocidade para alterar as rotinas de outras áreas do conhecimento, organizações e sociedade” (SALLES, 2000, p. 39).

Apesar da cronologia temporal dos quatro paradigmas, a política científica, tecnológica e de inovação pode apresentar características de mais de um paradigma ou visão de ciência, conforme apresentado por Velho (2011).

Do ponto de vista da história das ciências e das tecnologias, a presente pesquisa está inserida em uma tradição mais recente da historiografia das ciências no Brasil. Primeiramente, a produção historiográfica das ciências no Brasil foi “em sua maioria, obras esparsas, elogiosas e comprometidas com a história comemorativa de instituições e personalidades” (GARCIA *et al.*, 1979, p. 387). Durante o século XX foram produzidos alguns trabalhos mais densos, mas sem a “vida social e cultural do país” ou que as regiões menos dinâmicas não fossem apresentadas “como receptáculos passivos da ciência produzida nos grandes centros, em especial os europeus” (GARCIA *et al.*, 1979, p. 387; DANTES, 2001, p. 17).

Um marco para uma nova abordagem da historiografia no Brasil foi o estudo de Nancy Stepan sobre a institucionalização das ciências biomédicas no Rio de Janeiro no início do século XX. Ao invés da avaliação da produção científica pela quantidade de artigos, patentes ou prêmios Nobel, Stepan propôs outras características que caracterizariam uma ciência bem-sucedida em um país em desenvolvimento:

O sucesso seria medido pela criação de instituições estáveis e produtivas de pesquisa fundamental e aplicada. O sucesso significaria a capacidade de uma instituição de sobreviver no tempo e de diversificar seu pessoal e o campo de suas atividades. O sucesso seria referido à capacidade continuada de recrutar cientistas, e de contribuir para a absorção dos recursos humanos científicos e técnicos nacionais. O sucesso seria referido à capacidade de uma instituição de aumentar o apoio à ciência. Seria medido em termos da influência da instituição sobre outras instituições científicas dentro do próprio país. Em termos de produção, o sucesso seria referido à capacidade de uma instituição produzir ciência que, ou servisse às necessidades locais, ou resultasse na compreensão dos problemas científicos nacionais (por exemplo, doenças tropicais), ou produzisse lucros das dotações de fatores locais, em vez de depender do mundo científico internacional para a definição e escolha dos assuntos a estudar (STEPAN, 1976, p. 23).

Stepan buscou encontrar esse perfil de ciência na constituição do Instituto Oswaldo Cruz, que foi fundado em 1900 no Rio de Janeiro. Essa articulação foi observada na ubiquidade de Oswaldo, como diretor do Instituto Oswaldo Cruz e Diretor-Geral de Saúde Pública no Rio de Janeiro, a qual teve um papel importante para o sucesso desse instituto e das campanhas de vacinação (STEPAN, 1976; CUKIERMAN, 2007).

Ao olhar para o desenvolvimento de diferentes linhas de pesquisa Stepan observou que a microbiologia se desenvolveu mais rapidamente do que a fisiologia. Assim, a autora cogitou se as ciências com maior separação entre a pesquisa básica e aplicada eram menos propícias em países em desenvolvimento (STEPAN, 1976, p. 118). Dessa forma, o sucesso desse instituto:

(...) entre 1900 e 1930 (quando a política interferiu com a direção) em parte foi consequência da criação de um **sistema** interligado, envolvendo ciência básica e aplicada, treinamento e emprego de cientistas, produção e consumo de conhecimentos científicos dentro do Brasil (STEPAN, 1976, p. 148, grifo do original).

O destaque da palavra “sistema” valoriza o elemento-chave para a política científica, tecnológica e de inovação na percepção de Stepan. Contudo, Stepan (1976, p. 151) argumentou que “não existe um sistema integrado de ciência e tecnologia nos países em desenvolvimento”. Pensando nas condições mais favoráveis para ultrapassar esse contingenciamento, o surgimento de uma nova área seria mais favorável quanto menor a separação — se existir — entre ciência e tecnologia.

Todavia, reconhecemos que existem muitas histórias para explicar o sucesso do Instituto Oswaldo Cruz. Particularmente, observamos na narrativa de Cukierman os vários Oswaldos e as histórias — algumas “por serem contadas” — sobre as “muitas relações, desde a mais promíscua até a mais respeitosa” que permitiriam explicar o sucesso do Instituto Oswaldo Cruz (CUKIERMAN, 2007, p. 103 e p. 291). Sant'Anna (1978, p. 66), por exemplo, interpretou que a criação do Instituto Oswaldo Cruz consolidou o Estado no “papel principal, senão exclusivo, de apoiar o desenvolvimento da ciência brasileira”.

Este processo de interação entre ciência e Estado também foi observado no desenvolvimento da física no Brasil, quando alguns cientistas utilizaram a proeminência no estudo das partículas para “arregimentar apoio e recursos financeiros necessários ao desenvolvimento da física” (ANDRADE, 1999, p. 17). Nesse processo, o Estado foi um ator proeminente para o sucesso na produção de conhecimento, formação de profissionais e uso político do prestígio dos cientistas proeminentes para a identificação do méson- π com a colaboração de César Lattes.

De acordo com esse quadro teórico, buscaremos compreender qual a visão de ciência está presente nas políticas que subsidiam o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil. Avaliaremos seu sucesso no plano político, da criação de legitimidade. Para isso, buscamos caracterizar o desenvolvimento da nanomedicina no âmbito das políticas setoriais, dos tópicos tecnológicos e das colaborações entre instituições de ensino superior e empresas para a pesquisa em rede.

Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como uma análise descritiva cujo foco é uma área de pesquisa em formação. Como fazer isso? Considerando que muitas fontes podem ser identificadas ou mesmo construídas como documentação (LE GOFF, 1999 [1992], p. 99), realizamos essa pesquisa baseados na interpretação de informações que representam a visão das personagens, quer fossem instituições ou grupos. Assim, buscamos essas informações no nível macro de análise em documentos oficiais para fomento, publicações sobre os planos estratégicos, diretrizes políticas e prospecções tecnológicas disponíveis em seus domínios eletrônicos. Estes documentos foram utilizados para caracterizar o fomento às N&N no âmbito das políticas setoriais (veja documentos ao final).

Nessa perspectiva, buscamos caracterizar os tópicos tecnológicos, os grupos de pesquisa, os pesquisadores com mais colaborações, as publicações e as patentes registradas em banco de dados que possuísem reconhecida credibilidade: dados das redes registradas no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq (CNPq, 2013a); currículos na Plataforma Lattes (CNPq, 2013b); patentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI, 2013); artigos no portal de periódicos *Scopus* (SCOPUS, 2013).

No Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq (CNPq, 2013a), localizamos os grupos que apresentavam os seguintes termos no título do grupo, tema da linha de pesquisa ou palavras-chave: “nanomedicina”, “nanobiotecnologia”, “nanociência”, “nano” — aqui como palavra isolada, em vez de prefixo — e “nanotecnologia”. Eles compuseram a lista inicial de grupos de pesquisa em N&N. A partir dela selecionamos os 108 grupos com linhas de pesquisas que abrangiam a nanomedicina — conforme definição do Glossário na página 96 — e os caracterizamos pela área de pesquisa e colaboração com empresas.

Havia 701 pesquisadores registrados nestas linhas de pesquisa. Assim, acessamos seus currículos na Plataforma Lattes para identificar os pesquisadores que, de fato, pesquisavam em nanomedicina. Nesta pesquisa, consideramos pesquisador em nanomedicina aquele que possui pelo menos um artigo completo ou uma patente⁸ na área de saúde humana com o prefixo “nano” no título. Dessa forma, nosso mapeamento não foi totalitário, mas representa um subconjunto do total de pesquisadores em nanomedicina. De outro modo, poderíamos ter identificado-os a partir da leitura do resumo ou acesso aos artigos, mas perderíamos neste foco a integração com os aspectos conceituais contidos nas políticas. Acessamos os resumos apenas quando o título era insuficiente para a classificação do artigo ou patente em relação aos tópicos tecnológicos descritos na prospecção da ABDI e CGEE.

Foi dessa maneira que obtivemos nossa primeira lista de pesquisadores brasileiros em nanomedicina e seus resultados, quer fossem artigos ou patentes. Naturalmente, os coautores nestes resultados também foram considerados pesquisadores em nanomedicina. Assim, repetimos a busca por artigos e patentes nos currículos dos coautores sucessivamente. Esse procedimento foi atualizado até abril de 2013.

Comparamos nossa lista com as publicações indicadas no portal de periódicos *Scopus*. Nele encontramos 4.183 artigos de autores brasileiros com o prefixo “nano” publicados até 2012⁹. Desse conjunto, selecionamos os artigos nas áreas aplicadas da saúde, obtendo 359 artigos¹⁰. Observamos que alguns títulos indicados no *Scopus* não possuíam clara orientação para a saúde humana, sendo que alguns já havíamos desconsiderado quando os notamos nos currículos¹¹. Por isso, construímos uma rede combinando os artigos dos currículos — alguns ausentes no *Scopus* — com aqueles do *Scopus* que entendemos ser pertencentes à nanomedicina, resultando em 483 artigos de autores brasileiros.

8 Consideramos apenas as patentes registradas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

9 Utilizamos a expressão de busca: “AFFILCOUNTRY(Brazil) AND TITLE(nano*) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (EXCLUDE(PUBYEAR, 2013))”.

10 Inclui as subáreas de “farmacologia, toxicologia e farmácia” (214 artigos), “medicina” (143) e “odontologia” (68) por meio da expressão de busca: “AFFILCOUNTRY(Brazil) AND TITLE(nano*) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar")) AND (EXCLUDE(PUBYEAR, 2013)) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "PHAR") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "DENT"))”. As publicações nas subáreas de “enfermagem” e “profissões de saúde” já estavam incluídas nestas subáreas.

11 Observamos que o prefixo “nano” era utilizado em outros contextos de pesquisa em saúde humana que não são nanomedicina, como os termos: “nanoftalmia” (anomalia no olho), “*Nanodea muscosa*” (planta), “nanosegundo” (unidade de medida de tempo), “nanomolar” (unidade de concentração da matéria), “nanograma” (unidade de massa) e “nanoestruturas” (estruturas biológicas em nanoescala).

Tal rede representa, portanto, as colaborações entre 1.698 cientistas (brasileiros e alguns poucos estrangeiros) em nanomedicina, com diferentes agregações em relação ao tópico tecnológico da pesquisa.

Coerente com a visão da nanomedicina como um conhecimento construído com vista às aplicações (ETPN, 2009, p. 6) também ampliamos a rede de patentes, com a inclusão de produções indicadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2013)¹² — alcançando um total de 60 patentes produzidas por pesquisadores brasileiros.

Buscamos indicar as colaborações entre os cientistas por meio de um grafo, em que os círculos (nós) representam os pesquisadores e as linhas de ligação (arestas) uma colaboração. Nesse modelo um artigo com um ou mais autores seria representado por meio dos grafos exemplificados na Figura 3 (página seguinte). Nessa figura todos os nós e as linhas têm o mesmo tamanho como se todo autor tivesse apenas uma publicação ou colaboração com os autores vizinhos. Para distinguir a contribuição dos pesquisadores, o tamanho do nó e a espessura da linha é proporcional à quantidade de colaborações. A representação das colaborações em grafo busca reconhecer quais são os pesquisadores que constituíram mais parcerias. Para isso, utilizamos o parâmetro grau do nó, que indica a quantidade de colaboradores de um pesquisador. Na Figura 3, os pesquisadores teriam o grau entre zero e quatro.

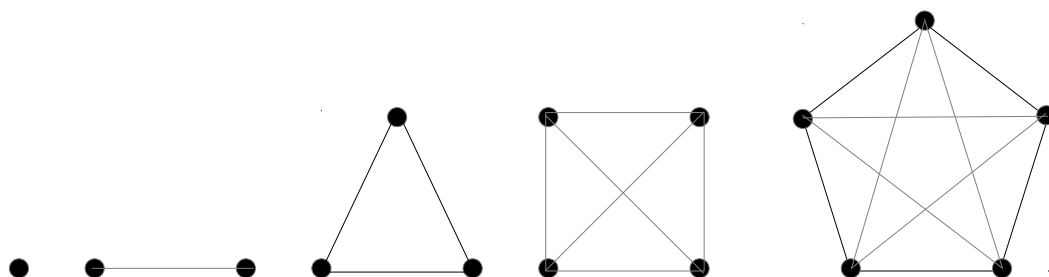


Figura 3 — Grafos da rede de colaboração de um a cinco pesquisadores

Notação: Autoria própria.

Após a identificação dos pesquisadores que constituíram mais colaborações na publicação de artigos em nanomedicina, buscamos os caracterizar em termos de sua formação e o tema de sua produção científica e tecnológica. Com esse propósito, observávamos nos currículos Lattes:

¹² Buscamos as patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2013) com o prefixo “nano” no título na área A61 da Classificação Internacional de Patentes, pois corresponde às áreas: ciência médica e veterinária, higiene.

- a) Gênero: permite identificar a predominância de gênero em alguma área de formação ou ao longo do tempo de formação;
- b) Curso de graduação: indica as profissões que mais contribuíram para a capacitação inicial dos pesquisadores em nanomedicina;
- c) Ano de doutoramento: contribui para diferenciar a formação dos pesquisadores em fases cronológicas;
- d) Nome do programa de pós-graduação do doutorado: foi utilizado para identificar a área do conhecimento do programa na Capes (2013);
- e) Artigos e patentes: esse indicador é um importante resultado da pesquisa.

Dessa forma, o mapeamento das colaborações em grupos e na publicação de artigos e patentes em termos das áreas do conhecimento e de sua composição (instituições de ensino superior e empresas) permite registrar o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil em termos de sua natureza interdisciplinar e tecnocientífica.

Estrutura da dissertação

Na Introdução caracterizamos nosso objeto de pesquisa em algumas dimensões do desenvolvimento da nanomedicina. Conceituamos as N&N, descrevemos as políticas setoriais que as apoiam e os estudos prospectivos brasileiros em N&N sempre com o foco em nanomedicina. Delimitamos os objetivos e os pressupostos teóricos considerando a sistematização das políticas científica, tecnológica e de inovação conforme apresentada por Velho (2011) e o olhar da história das ciências. Nossa metodologia foi descrita pelos procedimentos para a análise das ações de fomento e das redes de produção de conhecimento em nanomedicina levando em conta os pressupostos teóricos.

No Capítulo 1 abordaremos a visão da importância econômica e tecnológica da nanomedicina criada e utilizada pelas prospecções tecnológicas. Contudo, não versaremos sobre seus impactos sobre a vida humana¹³ ou sobre o sistema de saúde¹⁴ para focarmos no reconhecimento dos atores — no Capítulo 2 — e na natureza do conhecimento produzido — no terceiro capítulo. Desse modo,

13 Lêdo (2006) aborda os impactos das N&N para o aumento da qualidade e tempo de vida, bem como os riscos para a saúde humana.

14 Invernizzi e Foladori (2006, p. 114) fazem uma importante discussão sobre os potenciais impactos da nanomedicina sobre a acessibilidade ao sistema de saúde.

faremos uma associação entre os tópicos tecnológicos em nanomedicina da prospecção da União Europeia (ETPN, 2009) e aqueles que apreendemos a partir da nanobiotecnologia no estudo brasileiro (ABDI e CGEE, 2010).

No Capítulo 2 apresentaremos um breve histórico das políticas de saúde. Observaremos como as diversas políticas setoriais apresentadas na Introdução (veja Figura 2 na página 16) propiciaram o desenvolvimento da nanomedicina. Observaremos como o Estado tem promovido o desenvolvimento da nanomedicina, como tecnociência, a partir dos editais e dos projetos aprovados.

No Capítulo 3 caracterizaremos as redes de colaboração em pesquisa, a publicação de artigos e a autoria de patentes em termos das áreas do conhecimento, dos tópicos tecnológicos em nanomedicina e da participação das empresas. Observaremos o perfil dos pesquisadores que lograram constituir a maior quantidade de parcerias para a publicação de artigos científicos e como eles utilizaram as políticas públicas para tal êxito.

Na Conclusão finalizaremos essa dissertação com ponderações sobre o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil em face das prospecções, da indução pelas políticas públicas e de seus resultados. Buscamos assim cumprir o objetivo de indicar desde quando, como e por que a nanomedicina surgiu e tem se desenvolvido no âmbito das políticas brasileiras em N&N.

1 AS CARACTERÍSTICAS DA NANOMEDICINA NOS ESTUDOS PROSPECTIVOS: CONCEITOS, TÓPICOS TECNOLÓGICOS E TRAJETÓRIAS PROJETADAS

1.1 Considerações iniciais

O desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias (N&N) no Brasil foi apoiado pelas políticas setoriais, que se apropriaram de uma visão sobre sua importância para a competitividade no futuro. Esse argumento foi construído baseado nas prospecções tecnológicas, as quais cumprem um papel como um instrumento para avaliação e planejamento das políticas públicas de fomento à inovação (ALENCAR, 2008). As prospecções tecnológicas contêm a orientação e os valores dos respondentes, que usualmente são especialistas (ALENCAR, 2008). Por isso, é importante reconhecermos quais grupos participaram da elaboração desses documentos.

Nesse capítulo compararemos a prospecção brasileira (ABDI e CGEE, 2010) com o estudo homólogo da União Europeia (ETPN, 2009), buscando identificar as particularidades brasileiras no âmbito da internacionalização de conceitos e políticas de fomento, conforme abordado por Velho (2011).

Na próxima seção versaremos brevemente sobre alguns estudos realizados por pesquisadores brasileiros que apresentam aspectos relevantes que permeiam tal dinâmica de especialização do conhecimento científico e tecnológico.

1.2 As características da nanomedicina abordadas pela literatura e estudos prospectivos

1.2.1 As características da nanomedicina abordadas pelas pesquisas brasileiras em ciências humanas e sociais

Ao olharmos para a literatura sobre as nanociências e nanotecnologias (N&N) temos a impressão de que há tantas definições sobre N&N e nanomedicina quanto pesquisadores. O conceito de N&N pode se aproximar mais da física (NERI, 2011, p. 5), química (BASSOTTO, 2011, p. 52), ciências biológicas (PEREIRA, 2009, p. 52) ou mesmo da matemática e da arte (SILVA, 2008, p. 71).

A nanomedicina foi abordada nas dissertações e teses em ciências humanas e sociais de autores brasileiros essencialmente como uma área promissora e de relevância social e econômica para o país, com incertezas sobre os riscos à saúde humana e necessidade de aperfeiçoamento da regulamentação e das questões éticas envolvidas em sua produção, uso e descarte.

Esses estudos destacaram que produtos baseados em N&N já estavam sendo comercializados no setor de saúde humana. Fronza (2006, p. 54) identificou 74 nanocosméticos comercializados no Brasil, sendo 32 importados (43,2% do total) e os demais produzidos nacionalmente. Canavez (2011) abordou o impacto econômico das N&N no setor de cosmético, destacando que o Brasil é o terceiro maior consumidor desses produtos. Alice (2011, p. 93) estudou o processo de desenvolvimento de um nanofármaco originado de uma linha de pesquisa de uma instituição de ensino superior no Brasil.

Segundo Pyrrho (2009, p. 31), os “artigos de revisão [sobre nanomedicina] costumam enumerar os seguintes eixos de aplicação nanotecnológica [em saúde]”: liberação de drogas, terapia gênica, diagnóstico e “biomateriais e implantes”. Vários estudos listavam as potencialidades da nanomedicina, sobretudo a liberação controlada de drogas, conforme notamos em Ferronato (2010, p. 19-22), Marques (2009, p. 54-55), Wakamatsu (2009, p. 5-8) e Nunes (2009, p. 30). Pensando nas características próprias do Brasil, Gordon (2010) indicava como potencialidades:

(...) setores como odontológico, cosméticos, medicina (doenças tropicais) e de saneamento básico parecem apresentar um destaque especial, pois são setores onde o Brasil possui algum grau de conhecimento e existem oportunidades tanto tecnológicas como de mercado a serem exploradas (GORDON, 2010, p. 78).

Algumas pesquisas que versaram sobre a regulamentação e a interdisciplinaridade das N&N foram realizadas por profissionais qualificados em farmácia e engenharia química, de modo que suas pesquisas incluíam análises em laboratório e revisão da literatura científica para avaliação dos riscos das nanoestruturas (FRONZA, 2006; WAKAMATSU, 2009).

Não identificamos nenhuma pesquisa que buscasse mapear as publicações apenas em nanomedicina, mas o desenvolvimento desse ramo poderia ser apreendido de alguns mapeamentos mais amplos de artigos e patentes em N&N (OLIVEIRA, 2011; GUIMARÃES, 2010). Oliveira (2011, p. 92-93) fez uma avaliação da evolução das publicações em N&N entre 1998 e 2012 por eixos

temáticos¹⁵. Notamos no estudo de Oliveira (2011) que as áreas compreendidas pela saúde humana se diversificaram ao longo do tempo. Nesse estudo, Oliveira identificou que a diversidade e quantidade de subáreas em N&N aumentou nos últimos anos entre 2007 a 2009¹⁶.

Guimarães (2010, p. 94) fez uma caracterização das empresas apoiadas pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) em relação à fase de desenvolvimento (pesquisa, desenvolvimento e comercialização) e ao tipo de produto ou processo (novo material, novo fármaco, novo processo e equipamento). Nesse levantamento, a maioria das empresas estavam sendo financiadas na fase de comercialização e o setor de fármacos foi o segundo mais apoiado.

Nenhum desses estudos, entretanto, pesquisou o desenvolvimento da nanomedicina como ramo embrionário do conhecimento. Assim, analisaremos na próxima seção como a nanomedicina foi caracterizada nos países mais dinâmicos, sobretudo a partir da prospecção tecnológica da União Europeia.

1.2.2 Os conceitos, os tópicos tecnológicos e o impacto econômico da nanomedicina nos Estados Unidos da América e na União Europeia

Os Estados Unidos da América e a União Europeia produziram 32% e 36%, respectivamente, do total de publicações de artigos em nanomedicina identificadas por Wagner *et al.* (2008, p. 9)¹⁷ entre os anos 1980 até 2004, enquanto a Ásia¹⁸ representava 18%. Dessa forma, a pesquisa em nanomedicina nos Estados Unidos da América e União Europeia foi responsável por 66%, ou melhor, duas em cada três publicações de artigos na área. Além disso, os Estados Unidos da América e a União Europeia produziram 53% e 26% das

15 Oliveira (2011, p. 58) analisou os artigos de autores brasileiros no *Web of Science* com o prefixo "nano" no título, no resumo ou nas palavras-chave.

16 Nesse período, podemos identificar como áreas da nanomedicina no âmbito da classificação da *Web of Science*: farmácia e farmacologia; fisiologia; oncologia; endocrinologia; medicina tropical; parasitologia; fisiologia; doenças infecciosas; microbiologia; doenças vasculares; doenças cardíacas e cardiovasculares; sistema respiratório; hematologia; engenharia biomédica; radiologia; medicina nuclear e imagem médica; odontologia; medicina e cirurgia oral; cirurgia; oftalmologia; toxicologia; genética e hereditariedade; ginecologia e obstetrícia; química médica.

17 As publicações foram consultadas no banco de dados no *Science Citation Index* e as patentes no Escritório de Patente Europeu utilizando cinquenta palavras-chave relacionadas à nanomedicina (ETPN, 2009, p. 91).

18 A Ásia na pesquisa de Wagner *et al.* (2008) se referia apenas ao Japão, China, Coreia do Sul, Taiwan, Singapura e Índia. Adicionalmente, a União Europeia foi considerada por seus primeiros vinte e cinco países.

patentes em nanomedicina no período de 1993 a 2003 (WAGNER *et al.*, 2008, p. 46). Ambas as regiões foram responsáveis por 79% das patentes, ou seja, quatro em cada cinco patentes.

Os Institutos Nacionais da Saúde (NIH) nos Estados Unidos da América definiram nanomedicina como um ramo da “nanotecnologia”, referente “à intervenção médica altamente específica em escala molecular para curar doença ou reparar tecidos danificados, como osso, músculo ou do nervo” (NIH, 2012, tradução minha). Contudo, este conceito abrange apenas as pesquisas em nanomedicina realizadas nesses institutos, visto que outras instituições desse país incentivam outras temáticas de nanomedicina.

A Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA), por exemplo, apoia as pesquisas em N&N em seus centros, como o Centro para Dispositivos e Saúde Radiológica e Centro Nacional de Pesquisa Toxicológica (FDA, 2013). Na ausência de um conceito sobre nanomedicina no documento estratégico da Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) dos Estados Unidos da América, as agências fomentam a pesquisa em nanomedicina de acordo com sua missão e sua história. Essa multiplicidade se deve ao processo de constituição de conceitos, incluindo o de nanomaterial — veja página 14.

A política científica, tecnológica e de inovação em N&N na União Europeia foi alterada com a constituição das Plataformas Tecnológicas Europeias a partir de 2003. Tais instituições têm o objetivo de contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico por meio, por exemplo, da construção de diretrizes e projeções tecnológicas nos estudos prospectivos. Esses documentos são construídos em fóruns híbridos com a participação dos gestores de políticas, cientistas e empresários para aumento da competitividade dos setores econômicos europeus¹⁹.

A Plataforma Tecnológica Europeia em Nanomedicina (ETPN) fez projeções sobre o mercado global para os produtos e serviços com base nanotecnológica aplicados em saúde humana. A definição inicial de nanomedicina da ETPN, que foi publicada em seu primeiro estudo de avaliação sobre o desenvolvimento da nanomedicina, a definia como:

¹⁹ Entendemos que as Plataformas Tecnológicas Europeias têm desempenhado uma função semelhante à Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) na elaboração de agendas estratégicas de pesquisas e na prospecção de curto, médio e longo prazos em N&N.

(...) a aplicação da nanotecnologia à saúde. Ela explora a melhoria e, frequentemente, novas propriedades físico, químico e biológicas dos materiais na escala nanométrica. A Nanomedicina tem potencial impacto sobre a prevenção, diagnósticos precoces e mais precisos e o tratamento de doenças (ETPN, 2005, p. 6, tradução minha).

Posteriormente, a ETPN passou a adotar um conceito mais enfático na aplicação do conhecimento, a saber: a “nanomedicina como uma ciência translacional²⁰ tem o objetivo de desenvolver novas terapias e diagnósticos economicamente viáveis aproveitando a expansão do mundo da nanotecnologia” (ETPN, 2009, p. 6, tradução minha).

Em 2006, a ETPN estabeleceu uma agenda de pesquisa para nanomedicina baseada em três tópicos tecnológicos: “diagnóstico”, “liberação controlada de fármaco” e “medicina regenerativa” (ETPN, 2006, p. 10, tradução minha). Em 2009, essa instituição analisou as características, os desafios e os benefícios clínicos e econômicos para os tópicos tecnológicos no período entre 2010 a 2020.

Nota-se, portanto, que houve uma especialização das políticas nos Estados Unidos da América e União Europeia, quer fosse nas instituições de fomento ou na produção de estudos avaliativos exclusivos para a nanomedicina. No Brasil, entretanto, veremos que não houve um direcionamento exclusivo das políticas de fomento para a saúde humana, embora esse tema fosse contemplado nas políticas brasileiras em N&N.

Pensando em apresentar as características da nanomedicina de acordo com os estudos propectivos, versaremos sobre a descrição das características e da relevância econômica dos três tópicos em nanomedicina classificados pela ETPN (2009):

a) Diagnóstico: esse tópico busca prever o início de uma doença e identificá-la no nível de uma única célula (ETPN, 2009, p. 10). As aplicações em diagnóstico podem ser classificadas em *in vivo* e *in vitro*. Nanomedicina para diagnóstico *in vivo* compreende a “melhoria ou identificação de novos sistemas de imageamento” e o “desenvolvimento de novos agentes de contraste”²¹ (ETPN, 2009, p. 10, tradução minha). O mercado global projetado da nanomedicina para

20 A medicina translacional baseia-se na integração de pesquisadores de diferentes disciplinas, incluindo as ciências humanas e sociais, para a melhoria do processo de produção de conhecimento e sua aplicação na clínica (AZEVEDO, 2009, p. 81). Desse modo, a medicina translacional compreende a construção de conhecimentos baseada na multi e interdisciplinariedade, tal com as N&N.

21 Agentes para contraste são absorvidos pelo organismo e se distribuem conforme a estrutura e função biológica em análise.

diagnóstico *in vivo* seriam de 11 milhões de euros (M€)²² em 2015 e 1.900 M€ em 2025 (ETPN, 2009, p. 12). A nanomedicina para diagnóstico *in vitro* é realizada com amostras do sistema biológico, como sangue e urina. Tradicionalmente as pesquisas *in vitro* são desenvolvidas para uso em laboratório, mas tendem a se descentralizar para um sistema de diagnóstico feito no local em que se encontra o paciente (ETPN, 2009, p. 16). O mercado global esperado da nanomedicina para diagnóstico *in vitro* seria de 200 M€ em 2015 concentrados em hospitais, enquanto, em 2025, 1.500 M€ estariam em hospitais, 1.500 M€ em consultórios médicos e 1.500 M€ nas residências (ETPN, 2009, p. 18).

b) Liberação controlada de fármaco: compreende as áreas de nanofarmácia e nanodispositivos (ETPN, 2009, p. 21). O mercado global para insumos nanofarmacêuticos seria 15 M€ em 2015, sendo aplicados exclusivamente em recursos computacionais (ETPN, 2009, p. 23). Em 2025, esse segmento aumentaria para 40 M€ e a liberação controlada de fármaco não-invasiva alcançaria 34 bilhões²³ de euros (ETPN, 2009, p. 23). Os nanodispositivos são utilizados para “providenciar outras rotas para a liberação do fármaco na localização alvo” sobretudo em oncologia, ou seja, no estudo e tratamento de câncer (ETPN, 2009, p. 28, tradução minha). O mercado global para nanodispositivos em terapias de câncer seria de 30.000 M€ em 2015 e outras aplicações de nanodispositivos somariam 440 M€ em 2015 e 11.750 M€ em 2025 (ETPN, 2009, p. 29).

c) Medicina regenerativa: tópico direcionado para “a reparação, substituição ou regeneração de tecidos ou órgãos por meio da combinação de abordagens tecnológicas” (ETPN, 2009, p. 31, tradução minha). A medicina regenerativa pode ser organizada em biomateriais inteligentes, que promovem a cura do tecido biológico por si, e terapia celular avançada, na qual as células são utilizadas como “drogas vivas” (ETPN, 2009, p. 33 e p. 38, tradução minha)²⁴.

Dessa forma, o mercado global de nanomedicina alcançaria dezenas de bilhões de euros em 2015, enquanto outras inovações ainda por serem lançadas teriam impacto de bilhões de euros até 2025 (ETPN, 2009). Esse

22 No período de 2008 e 2012, a cotação do euro em reais esteve em torno de dois euros para cada três reais. Se considerarmos a cotação de 16 de abril de 2013, teremos que um euro pode ser convertido em R\$ 1,61 ou um milhão de euros equivaleria aproximadamente a 1,6 milhão de reais.

23 Esse valor pode ser 50% maior ou menor, ou seja, 37.000±14.000 M€ (ETPN, 2009, p. 23).

24 No relatório da ETPN (2009), o mercado global para nanomedicina regenerativa não foi exclusivo em N&N, incluindo outras tecnologias em saúde humana.

dimensionamento do mercado global em nanomedicina consolida o potencial econômico e social do surgimento de novos produtos e processos baseados em N&N para saúde humana, com implicações para a competitividade nesses setores.

1.2.3 A prospecção NanoDelphi e os tópicos tecnológicos

Na NanoDelphi o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) buscava identificar os “tópicos tecnológicos ou de pesquisa que tiveram melhor avaliação, de acordo com três critérios: relevância, competitividade e oportunidade” (CGEE, 2005, p. 4). Esses critérios poderiam identificar competências e demandas de uma localidade em um dado período para a formulação de diretrizes para as políticas de fomento às N&N. Além disso, essa prospecção também considerou os estudos homólogos realizados em outros países (CGEE, 2005, p. 14).

A primeira rodada da NanoDelphi foi constituída por um questionário com respostas assertivas para um público heterogêneo de 1.498 membros, incluindo pessoas sem familiaridade com o tema (veja Tabela 1 na página seguinte). Os resultados foram consolidados e enviados para os participantes para que eles pudessem julgar suas respostas em relação ao conjunto e daí alterar ou manter as respostas. Com isso, apenas 307 pessoas (17,0% do total) participaram das duas rodadas, sendo 69,1% composto por membros da academia. Desse modo, houve uma predominância da visão da academia na visão dessa consulta.

A NanoDelphi indicou 79 tópicos prioritários para as N&N, que foram organizados em onze ramos das N&N, sendo um chamado de nanobiotecnologia com dez tópicos tecnológicos: “materiais nanoestruturados biocompatíveis”, “materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica”, “métodos de diagnósticos e imagens”, “sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular”, “fluidos magnéticos”, “DNA e terapia gênica”, “encapsulamento de fármacos”, “neuroeletrônica”, “engenharia de tecidos”, “motores moleculares” (CGEE, 2005, p. 27).

Tabela 1 — Público consultado para a elaboração da NanoDelphi²⁵

Categorias	Início	1ª rodada	2ª rodada	Final
Organizações Não Governamentais	21	3	1	0,3%
Terceiro Setor	40	21	9	2,9%
Mídia	59	2	0	0
Institutos de pesquisa	104	41	22	7,2%
Governo	303	72	33	10,7%
Empresa	413	72	30	9,8%
Instituições de Ensino Superior	863	371	212	69,1%
Total	1.498 (sic)	582	307	100,0%

Fonte: Adaptado de NanoDelphi (CGEE, 2005, p. 22).

Nosso conceito de nanobiotecnologia, como a conjunção das N&N e as ciências da vida, também compreenderia os tópicos tecnológicos de agronegócios na NanoDelphi: “processamento de alimentos e nutrientes”, “encapsulamento de nutrientes”, “acondicionamento e embalagem de alimentos”, “nanossensores para avaliação de qualidade de alimentos”, “sistemas de detecção de aromas e sabores”, “nanossensores para detectar toxinas e patógenos de plantas”, “aspecto e textura de alimentos”. Em nanobiotecnologia também seria necessário incluir os tópicos: “sensores baseados em moléculas biológicas” e “exposição humana a nanoestruturas”. Todavia, a nanomedicina compreenderia apenas os tópicos tecnológicos da área denominada de nanobiotecnologia naquela consulta (CGEE, 2005).

Dessa forma, o estudo prospectivo NanoDelphi foi construiu uma visão de futuro sobre a importância do desenvolvimento das N&N. Esses resultados e abordagens forneceram subsídios para o mapeamento da ABDI e CGEE.

²⁵ A soma de entrevistados no início é 1.803, que é 20,3% maior do que 1.498. Esse número pode ser devido à classificação de 305 entrevistados em mais de uma categoria no início. Nas outras rodadas, entretanto, não houve desvio entre a soma e o total indicado pela CGEE (2005, p. 22).

1.2.4 Mapa tecnológico da nanomedicina no Brasil: tópicos tecnológicos, setores impactados, trajetórias projetadas e condicionantes para a nanobiotecnologia na prospecção da ABDI e CGEE

O estudo prospectivo da ABDI e CGEE baseou-se em dados prévios da consulta NanoDelphi. Foi realizada uma consulta para a projeção do desenvolvimento dos tópicos tecnológicos ao longo do tempo e, com isso, a proposição de ações para integrar o que ABDI chamava de “Iniciativa Nacional de Inovação em Nanotecnologia” — lançada em 19 de agosto de 2013. Para a área de nanobiotecnologia, a prospecção recomendou a “criação de políticas específicas para fomento, gestão e comercialização de bens, produtos e processos relacionados ao tema” (ABDI e CGEE, 2010, p. 98).

Essa prospecção apresentava uma área de nanobiotecnologia que coincide com nossa percepção — veja Glossário na página 96 —, sendo mais abrangente do que a indicada na NanoDelphi. A prospecção da ABDI e CGEE conceituava como nanobiotecnologia:

Refere-se à pesquisa com organismos vivos, dispositivos em nanoescala e processos usados em sistemas de liberação controlada de pesticidas, medicamentos e cosméticos, diagnósticos de doenças e imageamento molecular (ABDI e CGEE, 2010, p.15).

Todos os tópicos tecnológicos da nanobiotecnologia, exceto um (“materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura”) impactariam o setor de medicina e saúde. Dessa forma, seis tópicos tecnológicos da nanobiotecnologia (veja Tabela 2 na página seguinte) descrevem, mesmo que parcialmente, o desenvolvimento da nanomedicina.

Tabela 2 — Tópicos tecnológicos em nanomedicina compreendidos na área de nanobiotecnologia na prospecção tecnológica da ABDI e CGEE e setores impactados

Tópicos	Descrição	Setores impactados
Materiais nanoestruturados ou biocompatíveis	Compreendem materiais (polímeros, cerâmicas, metais etc.) e seus compósitos estruturados em escala nanométrica e biocompatíveis. Podem ter aplicações na reconstrução de órgãos para transplantes, produção de insumos e próteses etc.	Medicina e saúde; fabricação de produtos químicos e fármacos; higiene, perfumaria e cosméticos; meio ambiente; e madeira e móveis
Sistemas de entrega e liberação controlada	Refere-se a uma das mais importantes aplicações da bionanotecnologia, explorando nanobiomateriais com propriedades terapêuticas e cosméticas. Esse tópico foi desdobrado em: T4b1 — sistemas de entrega e liberação controlada (fármacos) e T4b2 — sistemas de entrega e liberação controlada (cosméticos)	Medicina e saúde; higiene, perfumaria e cosméticos; nutrientes; e fabricação de fármacos
Biossensores	Compreendem uma classe de sensores biológicos e sondas inteligentes <i>in vivo</i> e <i>lab-on-a-chip</i> ²⁶ , com base em efeitos na escala molecular, com aplicações em medicina, agricultura etc.	Medicina e saúde; higiene, perfumaria e cosméticos; fabricação de fármacos; agroindústrias; e meio ambiente
Imageamento molecular	Compreende uma nova classe de técnicas e métodos de diagnóstico em nível molecular ou usando sistemas moleculares para geração de imagens	Medicina e saúde; higiene, perfumaria e cosméticos; e fabricação de fármacos
Revestimentos e filmes biofuncionais	Referem-se ao uso de nanopartículas com atividades antimicrobianas aplicadas nos setores médico-hospitalar, de embalagens e têxteis	Alimentos; medicina e saúde; higiene, perfumaria e cosméticos; e têxteis
Nanorrobôs	Compreendem dispositivos programáveis construídos em nanoescala que podem ser funcionalizados para aplicações médicas e terapêuticas	Medicina e saúde

Fonte: ABDI e CGEE (2010, p. 90).

Os tópicos tecnológicos foram mapeados com a indicação dos estágios de desenvolvimento em cada período considerado (veja Figura 4 na próxima página). No curto prazo, entre 2008 e 2010, todos os tópicos estariam no estágio de pesquisa e desenvolvimento (P&D), exceto o tópico “revestimento e filmes biofuncionais”, que já estaria em estágio de produção e processo.

²⁶ *Lab-on-a-chip* é todo chip que desempenha múltiplas funções, como ser capaz de fazer múltiplos diagnósticos ao mesmo tempo a partir de uma gota de sangue.

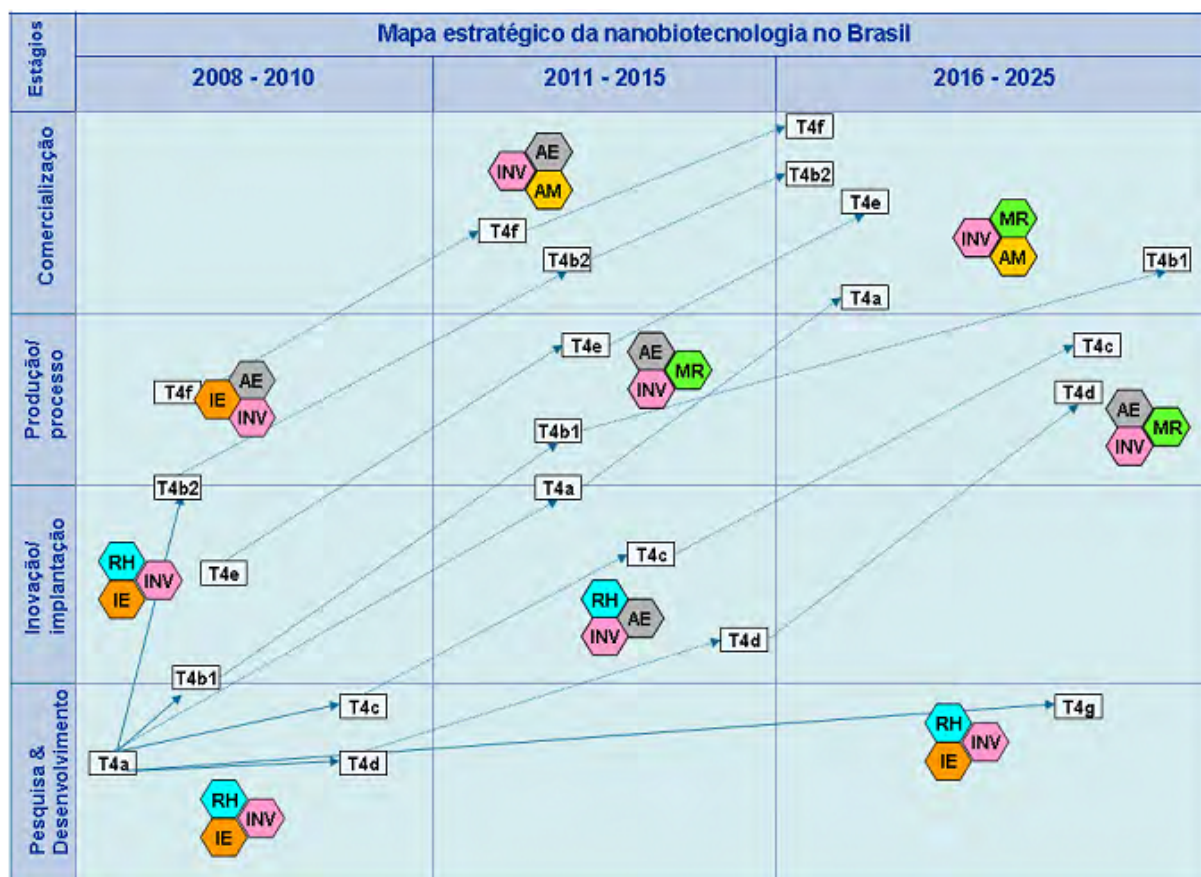


Figura 4 — Trajetórias tecnológicas e principais limitações por tópico tecnológico em nanobiotecnologia no Brasil (2008–2025)

Fonte: ABDI e CGEE (2010, p. 97). Notação: T4a — Materiais nanoestruturados biocompatíveis; T4b1 — Sistemas de entrega e liberação controlada (fármacos); T4b2 — Sistemas de entrega e liberação controlada (cosméticos); T4c — Biossensores; T4d — Imageamento molecular; T4e — Materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura; T4f — Revestimentos e filmes biofuncionais; T4g — Nanorrobôs. RH — Recursos Humanos; IE — Infraestrutura; INV — Investimentos; MR — Marco regulatório; AE — Aspectos éticos e aceitação pela sociedade; AM — Aspectos de mercado.

Esses tópicos apresentam diferentes trajetórias e diferentes condicionantes. O investimento (INV) seria uma condicionante prioritária em todos os estágios; os recursos humanos (RH) seriam uma barreira nos primeiros estágios; nos estágios mais avançados, no longo prazo, as questões de regulação da nanobiotecnologia se tornariam mais relevantes. Mais especificamente, a prospecção da ABDI e CGEE buscou orientar as prioridades das políticas de fomento às N&N em nanobiotecnologia discriminando os limitantes ao longo do tempo (veja Tabela 3 na página seguinte).

Tabela 3 — Condicionantes para o desenvolvimento da nanobiotecnologia (2008–2025)

Condicionantes	2008 a 2010	2011 a 2015	2016 a 2025
Difusão científica			
Diminuição das barreiras técnicas e tarifárias e burocráticas (inclusive importação)			
Insumos básicos para pesquisa e desenvolvimento (P&D)			
Existência de uma infraestrutura laboratorial conforme estado-da-arte			
Ênfase na adoção de mecanismos propriedade intelectual			
Educação em todos os níveis			
Recursos humanos em nível técnico e graduado			
Impactos da nanotecnologia (estado-da-arte mundial)			
Maior volume de capital de risco			
Continuidade da nanotecnologia como prioridade do Estado (C&T&I e política industrial)			
Regulamentação técnica (biossegurança, eficácia e metrologia) vinculadas à nanotecnologia			
Interação Universidades-Empresas-Institutos de Ciência e Tecnologia			
Exigência de escala de produção			
Parcerias público-privadas			
Lançamento de produtos com características únicas impulsionando novas indústrias			
Nanoética (legislação, valores em relação ao uso das nanotecnologias)			

Fonte: ABDI e CGEE (2010, p. 96).

Em conformidade com o mapa da Figura 4 (na página anterior), notamos na Tabela 3 que a formação de recursos humanos é um elemento condicionante em todos os períodos. O aumento da escala de produção e pesquisa seria limitante no longo prazo, entre 2016 e 2025, quando os tópicos tecnológicos em nanobiotecnologia alcançariam o mercado — veja Figura 4.

Entendemos que esses condicionantes requerem a participação de diferentes atores: mídia (difusão científica), Estado (regulamentação, apoio à formação de recursos humanos e infraestrutura de pesquisa), sociedade (discussão sobre nanoética), empresas (em parceria com Estado ou isoladas), institutos de ensino superior (na formação de recursos humanos e parcerias com as empresas). Novamente ressaltamos o papel do Estado no desenvolvimento da nanomedicina, em face de sua influência sobre todos os condicionantes do desenvolvimento da nanobiotecnologia (veja Tabela 3).

1.3 Considerações finais

Essencialmente entendemos que os tópicos tecnológicos descritos pela ABDI e CGEE estão inseridos nas categorias da Plataforma Tecnológica Europeia em Nanomedicina (ETPN, 2009), conforme associação explicitada na Tabela 4. Cada tópico da ETPN compreenderia dois tópicos do estudo prospectivo da ABDI e CGEE.

Tabela 4 — Associação entre os tópicos tecnológicos de nanomedicina da ETPN e de nanobiotecnologia da prospecção da ABDI e CGEE

Tópicos da ETPN	Tópicos da ABDI e CGEE
Diagnóstico	Biossensores
	Imageamento molecular
Liberação controlada de fármaco	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Nanorrobôs
Medicina regenerativa	Revestimentos e filmes biofuncionais
	Materiais nanoestruturados biocompatíveis

Fonte: Autoria própria com dados da ETPN (2009) e ABDI e CGEE (2010).

Assim encontramos similaridades nos tópicos tecnológicos das agendas estratégicas da ETPN e da ABDI e CGEE apesar das particularidades sociais e econômicas quer seja do Brasil, União Europeia ou Estados Unidos da América. Essa uniformidade está coerente com o processo de internacionalização da política de ciência, tecnologia e inovação que foi enunciado por Velho (2011, p. 128) como “um processo em que diferentes países adotam as mesmas visões de PCTI [política científica, tecnológica e de inovação], os mesmos instrumentos e formas semelhantes de gestão da PCTI”.

Mas há diferenças históricas na contribuição do Estado para o fomento nos diversos países, o que nos faz pensar que os principais delimitantes para o cumprimento das prospecções ou o alcance da competitividade podem se dar pelos seguintes aspectos críticos: financiamento, formação de recursos humanos, interação entre os atores e regulamentação. Observaremos, no próximo capítulo, que tais aspectos requerem a participação de múltiplos atores, mas que tem o Estado como principal agente de mobilização de cada um deles por meio das políticas brasileiras de N&N.

2 O DESENVOLVIMENTO DA NANOMEDICINA A PARTIR DA INDUÇÃO DAS N&N PELAS POLÍTICAS SETORIAIS BRASILEIRAS

2.1 Considerações iniciais

O desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias (N&N) foi produzido com as articulações entre o Estado, instituições de ensino superior, empresas, pesquisadores, consumidores, cidadãos e organizações não governamentais (MARQUES, 2008, p. 76-79). Santos (2008) caracterizou o fomento das N&N pelas políticas de inovação, pelos sistemas educacional, regulatório, financeiro, científico, produtivo e pelas interações com sistemas internacionais. Assim, um estudo mais amplo do desenvolvimento da nanomedicina abrangeria reconhecer esses atores e sistemas, conforme Marques (2008) e Santos (2008) assinalaram para as N&N. Essa dissertação, entretanto, tem o escopo mais reduzido: analisar a produção de conhecimentos a partir das políticas instituídas. No contexto dessas políticas, Ludeña (2008) avaliou a formação de redes de pesquisa pelo CNPq em 2005; Gordon (2010) discorreu sobre a integração entre as políticas científica e tecnológica e as políticas industriais no fomento às N&N; Santos (2011) analisou as relações entre os diversos atores, com a identificação da influência de uma comunidade de pesquisa constituída sobretudo por formados em física e química no processo de fomento às N&N.

Pensando na emergência de novas áreas no século XXI, Ludeña notou que as N&N demandariam a constituição de redes, como:

(...) forma contemporânea de criação de valor esta [rede] surge como produto da globalização, do ciclo curto de desenvolvimento de produtos e serviço, do avanço das telecomunicações, e aumento intensivo do conteúdo do conhecimento entre outros. Assim hoje em dia inovar trás juntos outros conceitos, tais como colaboração, sinergia, competências em rede (LUDEÑA, 2008, p. 131).

Ludeña (2008, p. 132) buscou avaliar os fatores externos e intrínsecos que “formam e afetam o desempenho da rede”. Com esse propósito, Ludeña realizou entrevistas com os pesquisadores das redes de N&N, concluindo que seria necessário um processo interativo entre os diversos atores para que as N&N crescessem como um sistema. Desse modo, as redes são necessárias para o desenvolvimento das N&N, quer seja para a construção de conhecimentos

científico e tecnológico bem como para a inovação em produtos e processos em redes. A criação das redes, contudo, nem sempre implica que os membros realizem de fato pesquisa coletivamente ou mesmo que as diversas legislações deem agilidade necessária para esse processo. Ludeña (2008) notou que havia limitações na integração da rede, com alguns grupos realizando suas pesquisas isolados, quer seja pela escassez de encontros ou pela dificuldade em construir um conhecimento interdisciplinar (LUDEÑA, 2008, p. 92).

Gordon (2010) criticou as políticas brasileiras em N&N por possuírem uma característica linear de inovação devido ao fomento estar inicialmente concentrado na formação de recursos humanos e de infraestrutura. Nessa dissertação destacamos a necessidade de maior articulação entre os atores, particularmente entre as políticas de saúde e as outras envolvidas no fomento às N&N. Contudo, notaremos nesse capítulo que as diversas ações das políticas setoriais possuíam uma estratégia: a constituição de redes, notadamente entre as instituições de ensino superior e as empresas. Tal essa estratégia — comum nas diversas políticas setoriais, exceto na política de saúde — poderia ser uma característica do terceiro paradigma de política científica, tecnológica e de inovação: a “ciência como fonte de oportunidade estratégica” (VELHO, 2011, p. 142) — veja página 25.

Dessa forma, nos aproximamos da análise de Santos (2011) sobre os editais do CNPq, quando identificou que estavam orientados para o aumento da competitividade e da colaboração em coerência com “as diretrizes apontadas pelos macroplanos, o que mostra uma coerência entre a fase de planejamento e de execução das atividades” (SANTOS, 2011, p. 108) — que abordamos na Introdução desta dissertação. Estas políticas, todavia, não resultaram em um processo de patenteamento em N&N competitivo (SANTOS, 2011, p. 162)

Pensando em entender mais especificamente o apoio das políticas públicas de fomento às N&N com o foco em saúde humana, buscaremos nesse capítulo mapear como a nanomedicina foi fomentada pelos editais e chamadas das políticas brasileiras em N&N (veja Figura 2 na página 16). Considerando a singularidade da política de saúde, como a menos articulada na governança das N&N, faremos uma breve apresentação do complexo econômico-produtivo da saúde e da constituição histórica da política de saúde no Brasil na próxima seção.

2.2 Breve histórico da política de saúde e a sua dinâmica de inovação

Ao apresentar a história da política de saúde no Brasil necessariamente abordamos a construção do Estado Nacional (LIMA *et al.*, 2005, p. 27). A Primeira República, entre 1889 e 1930, foi período de maior penetração do Estado na sociedade e no território (HOCHMAN, 1998). Sobretudo nas décadas de 1910 e 1920:

Trata-se de um período de crescimento de uma consciência entre as elites em relação aos graves problemas sanitários do país e de um sentimento geral de que o Estado nacional deveria assumir mais responsabilidade pela saúde da população e salubridade do território (HOCHMAN, 1998, p. 40).

No Governo Vargas, entre 1930 e 1945, criou-se o Ministério da Educação e Saúde Pública no âmbito da centralização do poder público (LIMA *et al.*, 2005). Em 1937, as Conferências Nacionais de Saúde foram criadas como um fórum de planejamento das diretrizes estratégicas das políticas de saúde — função que têm desempenhado até o presente (SCOREL e BLOCH, 2005).

Durante o período de democracia, entre 1945 e 1964, consolidou-se a ideia de “que a saúde era um bem de valor econômico” (LIMA *et al.*, 2005, p. 47). Desse modo, a política de saúde consolidava sua relevância para o desenvolvimento do Brasil. Na década de 1970, houve a constituição do campo de saúde coletiva como a “procura de um caminho, nos planos teórico-conceitual e metodológico, nos campos da higiene, da saúde pública e de sua vertente modernizante, a medicina preventiva” (GUIMARÃES, 2005, p. 248). Nesse processo, uma visão política para as políticas de saúde foi sendo construída sem que uma política de incentivo às pesquisas científica e tecnológica fizessem parte de suas estratégias (GUIMARÃES, 2005).

No contexto da redemocratização do país, a sociedade civil passou a participar da Conferência Nacional de Saúde, em 1986, introduzindo uma nova forma de participação social na formulação das políticas públicas (SCOREL e BLOCH, 2005, p. 97).

A política de fomento foi inserida nas políticas de saúde com a 1ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde — realizada em 2004. Esse processo foi interpretado por Guimarães (2005, p. 255) como resultante de três movimentos: ideológico, com a incorporação da ciência, tecnologia e inovação na Reforma Sanitária e como um componente estruturante do Sistema

Único de Saúde (SUS); político, com maior vínculo das políticas de escolhas de pesquisa em saúde com as agenda das políticas públicas de saúde; institucional, com o fortalecimento das instituições de saúde.

Os atores mais influentes na política de fomento no âmbito das políticas de saúde, entre 1990 e 2002, foram listados por Andrade (2007) como: representantes das comunidades científicas, o Conselho Nacional de Saúde e instituições do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério da Educação (MEC). Nessa relação nota-se a ausência das empresas privadas e da integração com as políticas industriais. Sem essa articulação na elaboração da “Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde”, observaremos que os projetos em nanomedicina fomentados nesse âmbito não buscavam promover a cooperação entre as instituições de ensino superior e as empresas em prol da competitividade.

Por outro lado, a importância da construção de novos conhecimentos para a competitividade do setor de saúde humana está explícita na concepção de Gadelha *et al.* (2012) sobre o complexo econômico-produtivo de saúde:

A dinâmica competitiva dos segmentos produtivos da área da saúde e suas relações de interdependência condicionam a evolução dos paradigmas e trajetórias tecnológicos e estratégicos para as inovações em saúde, como no caso da biotecnologia, da química fina, da eletrônica e dos novos materiais (GADELHA *et al.*, 2012, p. 16).

Observarmos no conceito de complexo econômico-produtivo (trecho acima) a discriminação de sua influência sobre a dinâmica de inovação. Na área de saúde podemos encontrar empresas notáveis por seu investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D). No setor farmacêutico esse percentual alcança muitas vezes 10% das receitas (COUTINHO e FERRAZ, 1993, p. 2). Contudo, grande parte dos esforços de pesquisa e desenvolvimento das farmacêuticas multinacionais — maioritárias no Brasil — ocorre nas sedes (COUTINHO e FERRAZ, 1993, p. 4).

Pensando nos fatores importantes para a competitividade destacados por Coutinho e Ferraz (1993, p. 3), observamos que o Estado possui um papel estratégico de contribuir para a inserção de profissionais capacitados (fator interno), acesso a novas tecnologias (fator estrutural) e capacidade de mobilização do padrão de concorrência (fator sistêmico). Coutinho e Ferraz, em 1993, já assinalavam para uma mudança de paradigmas do setor farmacêutico pela introdução de novas tecnologias. Eles haviam as identificado como

biotecnologia, enquanto no presente as N&N são novas ferramentas importantes para a inovação no setor farmacêutico. Considerando esse setor altamente competitivo, Coutinho e Ferraz (1993, p. 9) recomendavam que as pequenas empresas constituíssem redes de pesquisa com a participação de múltiplos atores: “órgãos governamentais de fomento, instituições de pesquisa e empresas privadas e públicas”. Observaremos na próxima seção que as políticas de fomento às N&N incentivaram a parceria entre esses atores, com vista a reduzir a distância entre o conhecimento dito básico e sua aplicação.

2.3 O apoio das políticas setoriais para o desenvolvimento da nanomedicina

2.3.1 Políticas de saúde

Até o momento, o Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde apoiou 28 projetos em nanomedicina²⁷, entre 2004 e 2010, referentes a 21 editais em um montante de R\$ 8,5 milhões, que correspondem a 0,7% do total de projetos e 1,1% do orçamento do Departamento no apoio a projetos entre 2004 e 2012 (3.783 projetos referentes a 236 editais em um montante de R\$ 748 milhões) (DECIT, 2013).

Na Figura 5 (na página seguinte), indicamos a distribuição geográfica dos projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde (mapa à esquerda) e todos os projetos, entre 2004 e 2012 (mapa à direita). Notamos que os projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde foram coordenados por instituições localizadas sobretudo no Sul e Sudeste (mapa à esquerda). A distribuição geográfica dos projetos amplos apoiados pelo Ministério da Saúde (mapa à direita) estavam mais concentrados, sobretudo em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (36,8% do total de projetos e 58,2% do orçamento) (DECIT, 2013).

²⁷ Projetos que utilizavam o prefixo “nano” no título. Observamos que todos os projetos estavam compreendidos em nosso conceito de nanomedicina — veja Glossário na página 96.

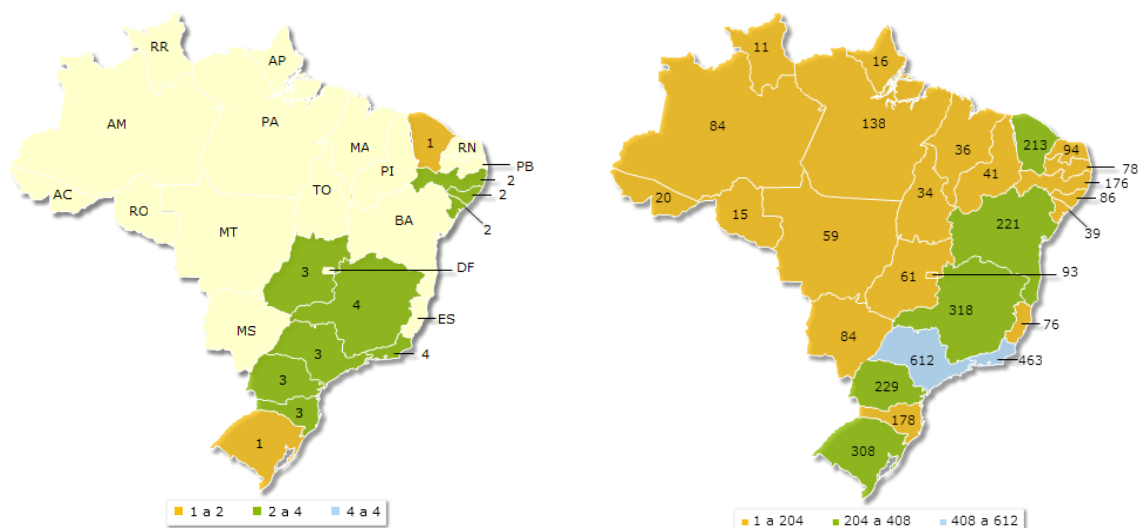


Figura 5 — Distribuição dos projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde (2004–2010), mapa à esquerda, e o total de projetos apoiados, mapa à direita (2004–2012)

Fonte: Autoria própria com dados do Decit (2013).

Pensando nas subagendas de pesquisa em que esses projetos estava inseridos, indicamos sua distribuição na Tabela 5 (veja página seguinte). No Ministério da Saúde essas pesquisas são fomentadas a partir dos editais conforme a política de saúde. Como resultado, 14 projetos (50% do total e 75,5% do orçamento) estão em duas subagendas: “doenças transmissíveis” e “complexo produtivo da saúde”. Todos os projetos tiveram o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) como parceiro, com exceção de um, que foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Ao observar a distribuição dos projetos por tópico tecnológico, notamos uma proeminência do tópico “sistema de entrega e liberação controlada” (57,1% do total de projetos e 77,6% do orçamento). Os principais temas de pesquisa desse tópico estavam relacionados aos temas: câncer — principalmente de pele — e leishmaniose. Todos os tópicos tecnológicos em nanomedicina possuíam pelo menos um projeto, exceto “nanorrobôs”. O estudo prospectivo já indicava que este tópico estava em estágio embrionário no mundo, embora fosse destacado seu grande potencial de aplicações no longo prazo, entre 2015 e 2025 (ABDI e CGEE, 2010, p. 94).

Tabela 5 — Distribuição dos projetos em nanomedicina apoiados pelo Ministério da Saúde por subagendas e tópicos tecnológicos

Subagenda	Bios-sensores	Imageamento molecular	Sistemas de entrega e liberação controlada	Revestimentos e filmes bio-funcionais	Materiais nano-estruturados biocompatíveis	Total
Assistência farmacêutica			1 projeto (3,6%) R\$ 123 mil (1,4%)			1 projeto (3,6%) R\$ 123 mil (1,4%)
Avaliação de tecnologias e economia da saúde			1 projeto (3,6%) R\$ 45 mil (0,5%)			1 projeto (3,6%) R\$ 45 mil (0,5%)
Complexo produtivo da saúde			3 projetos (10,7%) R\$ 449 mil (52,9%)			3 projetos (10,7%) R\$ 449 mil (52,9%)
Doenças crônicas (não-transmissíveis)	3 projetos (10,7%) R\$ 340 mil (4%)		4 projetos (14,3%) R\$ 387 mil (4,6%)			7 projetos (25,0%) R\$ 727 mil (8,6%)
Doenças não transmissíveis			1 projeto (3,6%) R\$ 50 mil (0,6%)			1 projeto (3,6%) R\$ 50 mil (0,6%)
Doenças transmissíveis	4 projetos (14,3%) R\$ 483 mil (5,7%)		3 projetos (10,7%) R\$ 1.189 mil (14%)	1 projeto (3,6%) R\$ 250 mil (2,9%)		8 projetos (28,6%) R\$ 1.922 mil (22,6%)
Pesquisa clínica		2 projetos (7,1%) R\$ 555 mil (6,5%)	1 projeto (3,6%) R\$ 200 mil (2,4%)			3 projetos (10,7%) R\$ 755 mil (8,9%)
Promoção da saúde			2 projetos (7,1%) R\$ 95 mil (1,1%)			2 projetos (7,1%) R\$ 95 mil (1,1%)
Saúde dos portadores de necessidades especiais				1 projeto (3,6%) R\$ 186 mil (2,2%)		1 projeto (3,6%) R\$ 186 mil (2,2%)
Violência, acidentes e trauma					1 projeto (3,6%) R\$ 91 mil (1,1%)	1 projeto (3,6%) R\$ 91 mil (1,1%)
Total	7 projetos (25,0%) R\$ 823 mil (9,7%)	2 projetos (7,1%) R\$ 555 mil (6,5%)	16 projetos (57,1%) R\$ 6.585 mil (77,6%)	2 projetos (7,1%) R\$ 436 mil (5,1%)	1 projeto (3,6%) R\$ 90 mil (1,1%)	28 projetos (100%) R\$ 8.489 mil (100%)

Fonte: Autoria própria com dados do Decit (2013).

2.3.2 Políticas de educação

O fomento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) às N&N iniciou-se em setembro de 2002 com o financiamento de seis bolsas destinadas a estudantes de qualquer curso de pós-graduação no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). As propostas deveriam ser interdisciplinares, inclusive com a indicação de dois coorientadores de áreas do conhecimento distintas. No primeiro ano de vigência das bolsas, em 2003, foram executados R\$ 77 mil (CAPES, 2005).

Identificamos apenas um edital lançado pela Capes para o fomento das N&N: edital Rede BrasilNano (CAPES, 2008). Este edital apoiou a constituição de projetos colaborativos para formação em nível de pós-graduação ou complementar (graduação e técnico) visando:

(...) a implantação de Redes de PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, cooperação acadêmica E ACADÊMICA-EMPRESARIAL no País para Formação de Recursos Humanos (RH) COM ÊNFASE NO ESTUDO DAS IMPLICAÇÕES DE PRODUTOS, PROCESSOS E SERVIÇOS NANOTECNOLÓGICOS EM SAÚDE, MEIO AMBIENTE, AGRONEGÓCIO E ALIMENTOS (CAPES, 2008, p. 1, grifos do original).

Dessa forma, a Capes estava induzindo a conjunção entre as instituições de ensino superior e as empresas para a produção de uma pesquisa orientada para aplicações, incluindo saúde. Desse modo, entendemos que houve um direcionamento para a formação de recursos humanos e a produção de conhecimentos tecnocientíficos. Como resultado foram selecionadas 38 redes, que receberiam de R\$ 574 mil a R\$ 2,4 milhões cada uma por um período de quatro anos, entre dezembro de 2008 e novembro de 2012.

Pensado no foco em nanomedicina, 27 projetos aprovados no Edital Rede BrasilNano possuíam um título que compreendemos estar relacionado à nanomedicina, ou seja, com o prefixo “nano” e aplicação em saúde humana. Essas pesquisas abordavam diversos temas: malária, leishmaniose, tuberculose, asma, controle de infecções hospitalares, sistemas de liberação de fármaco, curativos bioativos, cateteres, marcadores biológicos aplicados à saúde, sensores para diagnóstico, implantes e órteses. Alguns projetos estavam orientados para temáticas de aplicação, como os tipos de doenças, enquanto outros para o conhecimento científico e tecnológico utilizado. Não observamos nenhum projeto que estivesse claramente inserido no tópico “revestimentos e filmes

biofuncionais”, embora este tópico tivesse projetos aprovados no âmbito desse edital para aplicações no setor de alimentos. Observamos pelo menos uma rede de pesquisa e formação de recursos humanos em todos os demais tópicos da nanomedicina apreendidos da prospecção da ABDI e CGEE — exceto “nanorrobôs”.

Nesse período observamos a criação de cursos de pós-graduação com o prefixo “nano” (veja Tabela 6). Esses cursos possuem uma orientação tipicamente interdisciplinar, conforme incentivado pela Capes (2008a). Observamos que as linhas de pesquisa dos cursos poderiam abranger quaisquer tópicos em nanomedicina, mas notamos um direcionamento para o tópico “sistemas de entrega e liberação controlada” no curso de Nanotecnologia Farmacêutica e “materiais nanoestruturados biocompatíveis” no curso de “Nanociências e Materiais Avançados”.

Tabela 6 — Cursos de pós-graduação recomendados pelo Ministério da Educação com o prefixo “nano”

Curso	Área	Instituição	Local	Ano	Linhas de pesquisa
Nanociências	Inter-disciplinar	Centro Universitário Franciscano	Santa Maria — RS	2007	Desenvolvimento e caracterização de sistemas bioativos e nanoestruturados; modelagem e simulação de biosistemas e nanomateriais.
Nanociências e Materiais Avançados	Inter-disciplinar	Universidade Federal do ABC	Santo André — SP	2008	Materiais funcionais; polímeros; simulação e modelagem
Nanotecnologia Farmacêutica	Farmácia	Universidade Federal de Goiás	Goiânia — GO*	2010	**
Nanociência e Nanobiotecnologia	Inter-disciplinar	Universidade de Brasília	Brasília — DF	2012	Síntese e caracterização de complexos nanoestruturados; aplicações de materiais nanoestruturados; nanotoxicologia

Fonte: Autoria própria com dados da Capes (2013) e nos sites dos cursos de pós-graduação indicados nesta tabela. Nota: * Esse curso é realizado por uma rede composta por dez universidades públicas. ** Não encontramos as linhas de pesquisa no regulamento desse programa.

Observamos também a especialização no nível da graduação, haja vista a criação do Bacharelado em Nanociência e Nanotecnologia na Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2010, e da Engenharia em Nanotecnologia na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, em 2011.

Desse modo, observamos tanto o reconhecimento da característica interdisciplinar das N&N como iniciativas para construir um novo profissional e especialização a partir de conhecimentos em vias de consolidação.

2.3.3 Políticas industriais

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) — ligada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) — tem o propósito de promover a política industrial em consonância com a política de ciência, tecnologia e inovação. Observamos que a ABDI tornou-se um fórum importante para a articulação das empresas em torno das N&N por meio da realização de fóruns. A ABDI também tem publicado estudos sobre o desenvolvimento das N&N no Brasil (veja Tabela 7).

Tabela 7 — Publicações sobre N&N realizadas pela ABDI e foco em nanomedicina

Título da publicação	Ano	Colaborador	Descrição	Foco em nanomedicina
Estudo prospectivo (ABDI e CGEE, 2010)	2010	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos	Análise da evolução das N&N por tópico tecnológico	Alguns dos tópicos eram nanomedicina
Cartilha de nanotecnologia (ABDI, 2010a)	2010	Fundação de Desenvolvimento da Universidade Estadual de Campinas	Apresentação de conceitos, desenvolvimento e aplicações das N&N	A saúde é apresentada como um dos setores a serem mais impactados pelas N&N
Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil (ABDI, 2010b)	2010	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos	Mapeamento de pesquisadores em N&N, descrição das políticas de fomento e apresentação de recomendações com vistas a subsidiar a criação de uma Iniciativa Nacional de N&N no Brasil	Informa que o Brasil alcançaria uma posição competitiva em “imageamento molecular e materiais nanoestruturados biocompatíveis” (ABDI, 2010b, p. 47)
Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação (ABDI, 2012)	2011	Universidade Estadual de Campinas	Informações sobre riscos das N&N, com a revisão dos documentos sobre regulamentação	Discussão sobre a toxicologia das nanoestruturas
Panorama de patentes de nanotecnologia (ABDI e INPI, 2012)	2011	Instituto Nacional da Propriedade Industrial	Lista de patentes de residentes brasileiros em N&N	Indicação de sete patentes na área de saúde/medicina e cosméticos

Fonte: Autoria própria com dados dos documentos da ABDI referenciados nessa tabela (veja documentos ao final).

A prospecção da ABDI e CGEE, sobretudo, tem contribuído para a avaliação da nanomedicina ao indicar com clareza a trajetória e os condicionantes dos tópicos tecnológicos em nanobiotecnologia no Brasil entre 2008 e 2025 (ABDI e CGEE, 2010).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) — ligado ao MDIC — lançou um fundo de investimento comum para biotecnologia e nanotecnologia em 2009 — ambas identificadas como áreas estratégicas²⁸.

2.3.4 Políticas científica, tecnológica e de inovação

As ações de fomento das políticas científica, tecnológica e de inovação, com a indicação dos orçamentos e períodos de vigência estão descritos na Tabela 14 — veja Anexo I na página 97. Estas políticas buscavam promover sobretudo a formação de recursos humanos, redes de cooperação entre instituições de pesquisa e os empresários e a instalação de equipamentos para utilização compartilhadas, bem como a colaboração com outros países (França, Argentina, Cuba e México). Esta seção está delimitada na análise de como a nanomedicina estava presente nos projetos de pesquisadores e empresas fomentados pelas chamadas e editais indicados na Tabela 14 (veja Anexo I).

As primeiras ações de fomento às N&N no Brasil foram a criação de quatro redes de pesquisa (veja Tabela 8 na página seguinte) e os projetos no Programa Institutos do Milênio pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), ambos em 2001.

As quatro redes podem ter contribuído para o desenvolvimento da nanomedicina, embora esse tema esteja mais inserido na temática de uma das redes: Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia. As redes eram heterogêneas, sendo orientadas tanto para a produção de artigos científicos bem como a proteção do conhecimento por meio das patentes.

²⁸ Observamos a semelhança na descrição do processo de inovação em biotecnologia e nanotecnologia nos documentos. Ambas, por exemplo, possuem prospecção tecnológica realizada pela ABDI. Destacamos, entretanto, que as N&N são mais recentes e possuem maior *pervasividade* sobre os diversos setores econômicos, bem como abrangem um conjunto mais amplo de disciplinas.

Tabela 8 — Produção das redes de N&N apoiadas pelo CNPq (2001-2004)²⁹

Rede	Pesquisadores	IES	Em- presas	Artigos	Pa- tentes
Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia (Nanobiotecnologia)*	92	19	9	674	25
Rede Cooperativa para Pesquisa em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados (Nanosemimat)	55	18	1	970	15
Rede de Materiais Nanoestruturados (Nanoestruturados)	150	23	**	225	**
Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces (Renami)	61	17	3	450	57
Total	258 (sic)	77	13	991 (sic)	97

Fonte: MCTI (2006a, p. 13). Nota: IES — Instituições de Ensino Superior. * Não contém dado de 2004.** Não divulgado.

O Programa Institutos do Milênio foi lançado com o apoio financeiro do Banco Mundial. Ele foi orientado para o desenvolvimento científico e tecnológico de temas consonantes às necessidades do país, conforme indicado em seu documento básico:

Esta iniciativa é inovadora sob dois aspectos: quanto ao processo, pois pretende consolidar o modelo institucional de operação de C&T [ciência e tecnologia] por meio da articulação de redes de pesquisa, e quanto ao produto, traduzido em conhecimentos que contribuirão para o aumento da competitividade da economia brasileira e para a resolução de grandes problemas nacionais de cunho social (MCTI, 2001).

Houve dois Institutos aprovados com o prefixo “nano”: Instituto de Nanociências — que indicava pesquisar aplicações das N&N em saúde — e Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microsistemas e Nanoeletrônica. Estas redes foram constituídas apenas por instituições de ensino superior e institutos de pesquisa públicos.

Em 2003 a Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologia (CGNT) foi criada pelo MCTI. Neste ano, o MCTI instituiu um grupo de especialistas provenientes das instituições de ensino superior, das empresas com atuação em N&N e do governo para a formulação de um Plano de Desenvolvimento em Nanotecnologia (MCTI, 2003, p. 9). Os representantes do governo eram provenientes do MCTI, CNPq e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O grupo foi coordenado pelo Dr. Fernando Galembeck, que na

²⁹ O número total de artigos é praticamente igual à produção de uma rede (Nanosemimat). Por isso, cogitamos se não foi um erro de digitação cabendo indicar um valor de 2.319 artigos e 358 pesquisadores, embora a simples soma desconsidere a participação deles em mais de uma rede.

época era diretor do Departamento de Políticas e Programas Temáticos do MCTI. Esse grupo fez um diagnóstico do desenvolvimento das N&N no Brasil para justificar uma política de fomento direcionada exclusivamente para as N&N (MCTI, 2003).

Existe hoje uma produção científica significativa no Brasil, nos temas de manipulação de nano-objetos, nanoeletrônica, nanomagnetismo, nanoquímica e nanobiotecnologia, incluindo os nanofármacos, a nanocatálise e as estruturas nanopoliméricas. Também há uma produção tecnológica representada por patentes e há projetos sendo executados por empresas, isoladamente ou em cooperação com universidades ou institutos de pesquisa (MCTI, 2003, p. 2).

Esse grupo recomendava a “criação de Programas de pós-graduação multidisciplinares e multi-institucionais” (MCTI, 2003, p. 2). Para esse objetivo, o documento destacava como “importante a participação da CAPES [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior]” (MCTI, 2003, p. 3). Adicionalmente, o CNPq fomentou pesquisas em áreas estratégicas em mestrados e doutorados (MCTI e CNPq, 2008a).

O grupo justificou a necessidade de adoção de áreas prioritárias para “otimização no uso dos recursos disponíveis e a inovação nas áreas escolhidas, seja por razões estratégicas ou competitivas” (MCTI, 2003, p. 8). Compreendemos que a nanomedicina alcançava esses três aspectos, estando inserida mais propriamente em alguns dos temas de pesquisa apresentados pelo grupo, a saber: nanobiotecnologia, sistemas biomicroeletromecânicos e “biomateriais (engenharia da saúde)”³⁰ (MCTI, 2003, p. 7). Para a área ampla de N&N, o documento estabelecia estratégias de curto, médio e longo prazos. Essa organização de planejamento estratégico com a identificação de estratégias para diferentes prazos e temas prioritários também foi utilizada na prospecção da ABDI e CGEE. O documento elaborado pelo grupo forneceu subsídios para o Programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia”, que foi aprovado pelo Congresso Nacional em 2004.

Em 2003, observamos que alguns projetos haviam sido aprovados na área de saúde humana no âmbito do Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 (MCTI e CNPq, 2003a). A primeira fase do edital buscava “propiciar a formação ou

³⁰ Pensando na classificação dos tópicos tecnológicos em nanomedicina da ABDI e CGEE (veja Tabela 4 na página 46), entendemos que os biomateriais se referem aos tópicos tecnológicos “revestimento e filmes biofuncionais” e “materiais nanoestruturados biocompatíveis”; sistemas biomicroeletromecânicos, ao tópico “biossensor”; nanobiotecnologia, aos demais tópicos: “imageamento molecular” e “sistemas de entrega e liberação controlada”.

consolidação de Redes Cooperativas de Pesquisas em Nanotecnologia e Materiais Avançados”, que seriam apoiadas como redes na segunda fase. Os 33 projetos aprovados na primeira fase (MCTI e CNPq, 2003b) foram reduzidos para apenas 20 (60,6% do total) na segunda fase (MCTI e CNPq, 2003c), dos quais três redes estavam direcionadas para a saúde humana (veja Tabela 9).

Tabela 9 — Projetos aprovados em nanomedicina nos editais: MCT/CNPq nº 01/2003 e nº 12/2004

Edital	Título	Instituição	Local	Tópico
Edital MCT/ CNPq/ CT- FVA nº 01/ 2003	Rede Multidisciplinar de Pesquisa em Biosilicatos para Aplicação na Saúde Humana	Universidade de São Paulo	Ribeirão Preto — SP	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados à Tuberculose e PBmicose	Universidade de Brasília	Brasília — DF	
	Rede de Nanoanálise e Diagnóstico: pesquisa, desenvolvimento e estudo de aplicações de nanoestruturas nas análises clínicas e bioquímicas (diagnóstico molecular e celular)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	
Edital MCT/ CNPq nº 12/ 2004	Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de fármacos: encapsulamento de antibacteriano e de imunossupressor em micro e nanopartículas poliméricas	Universidade Estadual de Campinas	Campinas — SP	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Desenvolvimento e produção de medicamentos na forma de nanopartículas	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	
	Desenvolvimento de nanodispositivos como plataforma tecnológica de formulações farmacêuticas para tratamento de doenças cardiovasculares	Universidade Federal de Minas Gerais	Belo Horizonte — MG	
	Preparação de nanodispositivos de liberação controlada de antagonistas do receptor AT1 usando ciclodextrinas, lipossomas e polímeros biodegradáveis	Universidade Federal de Minas Gerais	Belo Horizonte — MG	
	Desenvolvimento de sensores biológicos com aplicações no diagnóstico molecular e imunológico de doenças	Universidade Federal de Uberlândia	Uberlândia — MG	Biossensores
	Sensores amperométricos nanoestruturados para monitoramento em unidades de terapia intensiva	Universidade de São Paulo	São Paulo — SP	

Fonte: Autoria própria com dados do MCTI e CNPq (2003c, 2004b).

Entre os projetos aprovados no Edital MCT/CNPq nº 012/2004 para o fomento das pesquisas em estágio avançado, havia seis projetos em nanomedicina entre os doze aprovados (MCTI e CNPq, 2004b). Observamos que estes projetos se concentravam em dois tópicos tecnológicos: “sistemas de entrega e liberação controlada” — e em menor proporção — “biossensores”. Assim, estes tópicos tecnológicos estavam em estágios mais avançados em relação aos demais, ligeiramente diferente da projeção da ABDI e CGEE — veja Figura 4 na página 44 —, pois na prospecção o tópico “revestimentos de filmes biofuncionais” estaria mais avançado do que aplicações para esse tópico: “principalmente em embalagens funcionais, vestimentas, fabricação de tintas e revestimentos” (ABDI e CGEE, 2010, p. 92). Tais aplicações abrangem mais que o setor de saúde humana.

O Edital MCT/CNPq nº 13/2004 apoiou projetos voltados para “os impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil” (MCTI e CNPq, 2004c). Foram aprovados quatro projetos, um dos quais versava sobre as implicações de uma aplicação em nanomedicina, a saber: “Estudo do impacto econômico, tecnológico, social, ambiental e regulatório da nanotecnologia no desenvolvimento e produção de novos princípios e fármacos para o setor farmacêutico brasileiro” (MCTI e CNPq, 2004d).

A Rede BrasilNano foi instituída pelo MCTI no contexto da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) com vigência de seis anos com o objetivo de fomentar o amplo desenvolvimento das N&N por meio da constituição de redes de pesquisa e desenvolvimento (MCTI, 2004). Essa rede seria presidida por um Secretário do MCTI e incluiria membros do CNPq, Finep, Secretários Estaduais de Ciência e Tecnologia, Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), associações de empresas, empresários, pesquisadores nacionais e internacionais.

Com o Edital MCT/CNPq nº 01/2005, foram renovados o Programa dos Institutos do Milênio com a aprovação de 24 projetos, sendo dois sobre N&N: Instituto de Nanotecnologia — com pesquisa sobre nanocápsulas — e Tecnologias de Micro e Nanoeletrônica para Sistemas Integrados Inteligentes (MCTI e CNPq, 2005a, 2005b).

Os Editais MCT/CNPq nº 28/2005, nº 29/2005 e nº 31/2005 apresentavam o mesmo conceito de “nanociência e nanotecnologia”, como o “estudo da ciência

e tecnologia em escala nanométrica [o qual] compõe atualmente um campo de fronteira transdisciplinar, com fortes características multi e interdisciplinares” (MCTI e CNPq, 2005c, 2005f, 2005i). Ao reconhecer que muitas disciplinas contribuem para as N&N, as políticas científicas, tecnológicas e de inovação tenderam a se orientar para a pesquisa em laboratórios multiusuários e redes multi e interdisciplinares.

Observamos uma continuidade na formação de jovens pesquisadores³¹: 19 jovens pesquisadores no Edital MCT/CNPq nº 28/2005 (MCTI e CNPq, 2005d, 2005e), 32 no Edital MCT/CNPq nº 42/2006 (MCTI e CNPq, 2006b), 43 no Edital MCT/CNPq nº 09/2007 (MCTI e CNPq, 2007b), 175 jovens no Edital MCT/CNPq nº 62/2008 (MCTI e CNPq, 2008b), 13 jovens pesquisadores no Edital nº16/2012 (MCTI e CNPq, 2012) — estes 13 apenas na área de aumento de escala de desenvolvimento e produção baseada em N&N. A ABDI (2010b) indicou que o aumento de projetos aprovados de jovens pesquisadores foi acompanhado do crescimento das inscrições para os referidos editais: 179 inscritos em 2005, 282 em 2006 e 312 em 2007 (ABDI, 2010b, p. 123).

Com o fim do prazo das primeiras quatro redes, com vigência entre 2001 e 2005, foram criadas dez redes com vigência entre 2006 e 2009 por meio do Edital MCT/CNPq nº 29/2005. Notamos que a pesquisa em nanomedicina estava compreendida entre os interesses de diversas redes (veja Tabela 10).

Tabela 10 — Redes de N&N aprovadas no Edital MCT/CNPq nº 29/2005

Rede	Sede	Instituições	Pesquisadores	Foco em nanomedicina
Microscopias de varredura de sondas — software e hardware abertos	Laboratório Nacional de Luz Síncrotron	10	10	—
Nanocosméticos: do conceito às aplicações tecnológica	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	9	25	Produtos de base nanotecnologia para aplicação cutânea
Nanoglicobiotecnologia	Universidade Federal do Paraná	5	31	Nanomateriais para liberação controlada de drogas (antimlária e câncer), desenvolvimento de vacina oral para o rotavírus e de filmes nanoestruturados
Nanotubos de Carbono: ciência e aplicações	Universidade Federal de Minas Gerais	10	40	Revestimentos nanoestruturados com potencial aplicação na instrumentação biomédica

31 Jovens pesquisadores são aqueles que concluíram o doutoramento há menos de cinco anos.

Rede	Sede	Instituições	Pesquisadores	Foco em nanomedicina
Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	10	33	—
Rede de Nanobiomagnetismo	Universidade de Brasília	12	45	*
Rede de Nanofotônica	Universidade Federal de Pernambuco	7	20	Materiais ópticos nanoestruturados em sistemas biológicos
Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces — Estágio III	Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces	16	79	—
Rede Nacional de Nanobiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	8	56	Dispositivos e ferramentas para sensores, diagnóstico e terapêutica
Simulação e Modelagem de Nanoestruturas	Universidade de São Paulo	8	18	—
Total	—	95	357	—

Fonte: Autoria própria com dados de MCTI (2006c, p. 2). Nota: * Não encontramos dados.

As redes apoiadas pelo Edital MCT/CNPq nº 29/2005 buscavam integrar a pesquisa básica e a aplicada com a constituição de “redes focando a inovação” (MCTI e CNPq, 2005f, p. 3). O edital destacava nove áreas prioritárias, incluindo aquelas que consideramos compreender o setor de saúde humana. Tais áreas foram identificadas como “setores de saúde (humana e animal), incluindo-se a exploração sustentável da biodiversidade” e “no setor de cosméticos”.

O Edital MCT/CNPq nº 58/2005 apoiou onze empresas com produtos e processos em N&N a se desenvolverem em incubadoras. Notamos duas empresas direcionadas especificamente para a área de nanomedicina, sob o título:

a) “BIOCHIPS para detecção precoce de câncer de pele”, compreendendo o tópico “biossensores”;

b) “Desenvolvimento e produção de clareador dental contendo nanopartículas de hidrogel com liberação controlada de peróxido de carbamida” no tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”.

A ação da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) no fomento da nanomedicina também ocorreu com a promoção de redes cooperativas entre instituições de ensino superior e empresas (MCTI e Finep, 2004a, 2005c, 2006a, 2009a). Notamos vários projetos de pesquisa em nanomedicina aprovados pelos

editais da Finep (veja Tabela 11): dois dos seis projetos aprovados (33,3% do total) em 2004, quatro dos nove projetos (44,4% do total) em 2005, seis dos doze projetos (50,0%) em 2009 (MCTI e Finep, 2004b, 2005b, 2006b, 2009b).

Tabela 11 — Pesquisas em nanomedicina realizadas em empresas com fomento da Finep

Edi- tal	Empresa	Instituto de Ciência e Tecnologia	Título	Tópico
nº 01/ 2004	Biolab Sanus Farmacêutica e Biosintética Farmacêutica	Universidade Federal de Minas Gerais	Desenvolvimento de sistemas de novas formulações utilizando nano-dispositivos para o tratamento de doenças cardiovasculares	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Biosintética Farmacêutica	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Desenvolvimento de novas chalconas em formulações nanoestruturadas para o tratamento da leishmaniose	
nº 03/ 2005	Óssea Technology Indústria e Comércio	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Desenvolvimento de biocerâmicas nanoestruturadas, para uso clínico, como material para regeneração óssea	Materiais nanoestruturados biocompatíveis
	Natura Inovação e Tecnologia de Produtos	Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Desenvolvimento de nanocosméticos de ação antioxidante e anti-inflamatória	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Biolab Sanus Farmacêutica	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Desenvolvimento tecnológico de nano cosméticos	
	Biocancer Centro de Pesquisas e Tratamento de Câncer	Universidade Federal de Minas Gerais	Desenvolvimento de sistemas nano-estruturados contendo antineoplásticos para tratamento de tumores sólidos e queratoses actínicas	
nº 01/ 2006	Angelus Indústria de Produtos Odontológicos	*	Desenvolvimento de material restaurador bioativo nanoestruturado à base de trióxido mineral para a técnica restauradora atraumática em saúde pública	Materiais nanoestruturados biocompatíveis
	Angelus Indústria de Produtos Odontológicos	*	Desenvolvimento de produtos odontológicos pela técnica de injeção de pós nanoestruturados de cerâmica e titânio	
nº 05/ 2009	Polyanalytik Internacional Brasil	Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Desenvolvimento de protótipo de produção de fármacos nanoencapsulados em escala contínua baseado em dispositivos microfluídicos	Sistemas de entrega e liberação controlada
	Dye Pharmaceuttials Indústria e Comércio de Produtos Farmacêuticos e Termofrio de São Carlos Máquinas de Automação	Universidade de São Paulo	Desenvolvimento de nanoestruturas para veiculação de fármacos fotosensíveis e outros ativos no tratamento de câncer e outras doenças (malária e dengue)	

Edi- tal	Empresa	Instituto de Ciência e Tecnologia	Título	Tópico
	Polímera Indústria e Comércio	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Desenvolvimento de nanobiomateriais associados a antibióticos e peptídeos para regeneração óssea e tratamento de processos infecciosos	Materiais nanoestru- turados bio- compatíveis
	Angelus Indústria de Produtos Odontológicos	Universidade Federal de Pelotas	Biomateriais para aplicações odontológicas	
	Cubo-Laboratório de Prótese	Centro Universitário Volta Redonda	Fabricação de pós nanocristalinos da família das ligas Co-Cr-Mo para fabricação de próteses e implantes através do uso de sinterização a laser	
	LabSolutions Comércio Equipamentos Industriais	Universidade Federal de Pernambuco	Desenvolvimento de nanobiossens- sor óptico-impedimétrico para de- tecção de anticorpos de hepatite B	Biossensor

Fonte: Autoria própria com dados de MCTI e Finep (2004b, 2005b, 2006a, 2009a). Nota: *
Dados não encontrados.

Dessa forma, a área de saúde humana tem sido um dos ramos das N&N mais fomentado pelas ações da Finep em N&N. Guimarães (2010) interpretou essa proeminência como:

(...) a alta prioridade outorgada pelo governo a desenvolver a nanotecnologia em indústrias vinculadas à saúde e, ao mesmo tempo, que os produtos voltados para a saúde estão tendo um nível alto de incorporação da nanotecnologia em relação a outros setores" (GUIMARÃES, 2010, p. 72).

2.4 Considerações finais

Notamos que os tópicos tecnológicos em nanomedicina apreendidos da prospecção tecnológica da ABDI e CGEE estavam sendo fomentados no âmbito das políticas setoriais brasileiras. Notamos a proeminência do tópico "sistemas de entrega e liberação controlada" e, em menor frequência, "materiais nanoestruturados biocompatíveis" e "biossensores" nas ações do CNPq, Finep e Capes. Nos projetos apoiados pelo Ministério da Saúde, entretanto, não notamos essa predominância, bem como encontramos redes orientadas para a pesquisa no tópico "imageamento molecular". Não encontramos projetos em "revestimentos e filmes biofuncionais" com foco em saúde humana.

Observamos que essa distribuição possui uma relação entre as políticas de fomento e o complexo econômico-industrial de saúde. As ações de fomento que

privilegiavam a pesquisa com participação do setor produtivo — amparadas pelas políticas científica, tecnológica e de inovação, industriais e de educação — apoiaram mais os segmentos econômicos já consolidados no Brasil com alguma atividade de pesquisa e desenvolvimento — as empresas farmacêuticas e de materiais odontológicos. No âmbito das políticas de saúde — que possuem menor aproximação com a política industrial —, os temas de pesquisa ainda embrionários também foram apoiados levando à maior diversidade dos tópicos tecnológicos fomentados.

Neste capítulo, observamos a participação de diversos atores institucionais no fomento à inovação em nanomedicina com diferentes níveis de articulação, conforme a integração entre as políticas setoriais. A ação do MCTI, entretanto, foi predominante em termos do apoio financeiro³² e no planejamento das políticas em N&N. Desse modo, o MCTI e seus órgãos foram responsáveis pelo apoio direto a laboratórios e melhorias dos equipamentos por meio dos Editais MCT/CNPq nº 43/2006 e nº 10/2007. Ressaltamos que a criação de infraestrutura de pesquisa era um dos limitantes para o desenvolvimento da nanobiotecnologia (veja Tabela 2 na página 43).

As políticas de fomento às N&N buscaram fortalecer as parcerias entre as empresas e os institutos de ciência e tecnologia na pesquisa em N&N nos editais em conformidade com a integração das diretrizes estratégicas do MCTI (MCTI e CGEE, 2010) e MDIC (2011b) para o incentivo à inovação. Essa convergência das políticas industriais e de políticas científica, tecnológica e de inovação pode ter induzido a uma articulação das políticas de fomento às N&N do CNPq, Finep e Capes na formação de redes — ainda que nem sempre funcionem como redes (LUDEÑA, 2008). Tais redes foram constituídas para a formação de recursos humanos e a pesquisa, ambas orientadas para o aumento da competitividade das empresas e a colaboração destas com as instituições de ensino superior e os institutos de pesquisa. Com essas ações, haveria maior aproximação entre a pesquisa básica e a aplicada em um processo de construção do conhecimento interativo. Por isso, o tipo de conhecimento advindo dessas interações é tecnocientífico. Na prática, entretanto, nem sempre as redes constituídas nos editais atuam como redes, tal como observou Ludeña (2008).

32 O orçamento do MCTI e seus órgãos apoiaram as N&N com R\$ 151,3 milhões entre 2001 e 2012 — veja Anexo I na página 97 —, enquanto as ações da Capes e do Ministério da Saúde foram, respectivamente, R\$ 70 milhões para nanobiotecnologia e R\$ 8,5 milhões somente em saúde humana.

Portanto, as ações que fomentaram a nanomedicina foram executadas pelas políticas brasileiras — mais gerais — em N&N no âmbito das políticas setoriais, mas na ausência de maior articulação entre os atores na governança das políticas em N&N orientadas para o setor de saúde humana. Essa integração poderia ocorrer por meio da instituição de uma gestão exclusiva da políticas em N&N direcionadas para a saúde humana, tal como observamos nos Estados Unidos da América e na União Europeia. Tal organização poderia promover maior sinergia entre os atores no fomento à nanomedicina no âmbito do complexo econômico-industrial de saúde brasileiro e da nossa demanda por pesquisas em saúde.

3 MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM NANOMEDICINA NO BRASIL

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo busca mapear e caracterizar as redes de competência em nanomedicina no Brasil baseado em dados dos grupos de pesquisa, artigos e patentes de pesquisadores em atuação no Brasil. Observaremos a constituição das redes por meio da constituição de grupos de pesquisa registrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Desse modo, buscaremos caracterizar a comunidade de pesquisa em nanomedicina, de modo a verificar a natureza tecnocientífica do conhecimento em nanomedicina no Brasil. O olhar para a constituição dos atores é necessário tendo em vista que é na integração entre as instituições de ensino superior e empresas — com apoio do Estado — que temos a constituição de uma pesquisa genuinamente tecnocientífica.

A avaliação do desenvolvimento da nanomedicina em termos dos tópicos tecnológicos da ABDI e CGEE no momento atual pode configurar um importante resultado para a avaliação do impacto das políticas de fomento às N&N no setor de saúde humana. Por isso, continuaremos a especificar os tópicos tecnológicos em nanomedicina. Mapearemos seu desenvolvimento considerando a publicação de artigos e a proteção do conhecimento por meio de patentes.

Por fim, buscaremos caracterizar a formação dos pesquisadores que constituíram mais parcerias para a publicação de artigos em nanomedicina, tendo em vista que a nanomedicina tem se desenvolvido baseada em saberes multi e interdisciplinares.

3.2 Análise das redes de pesquisa em nanomedicina

3.2.1 As áreas de pesquisa e as instituições participantes dos grupos de pesquisa registrados no CNPq

Pensando na apropriação das palavras no campo científico para mediação entre a natureza, como objeto de estudo, e o campo cultural, no qual ocorrem as solicitações por financiamento observamos que foram construídos novos

vocabulários para acompanhar a visão de uma nova área (LATOUR, 2000 [1987]). No Diretório dos Grupos de Pesquisa, buscamos identificar os grupos atuantes em nanomedicina a partir das palavras-chave: “nanomedicina” (7 grupos), “nanobiotecnologia” (51), “nanociência” (29), “nano” (93) e “nanotecnologia” (255). Desse modo, observamos que alguns grupos já fazem uso do termo nanomedicina — ausente nas chamadas e editais apresentados no capítulo 2. Estes grupos indicavam como área predominante³³: química (4 grupos), engenharia de materiais e metalúrgica (1), física (1) e genética (1).

Ao se apropriar desses termos de busca, consideramos todos esses grupos como atuantes em N&N, do quais 108 grupos possuíam linhas de pesquisa que abrangiam o setor de saúde humana. Observamos a distribuição destes grupos por área do conhecimento e data de criação (veja Figura 6). Nesta figura, também observamos que muitos grupos foram criados entre 2008 e 2012 (68 grupos ou 63,9% do total).

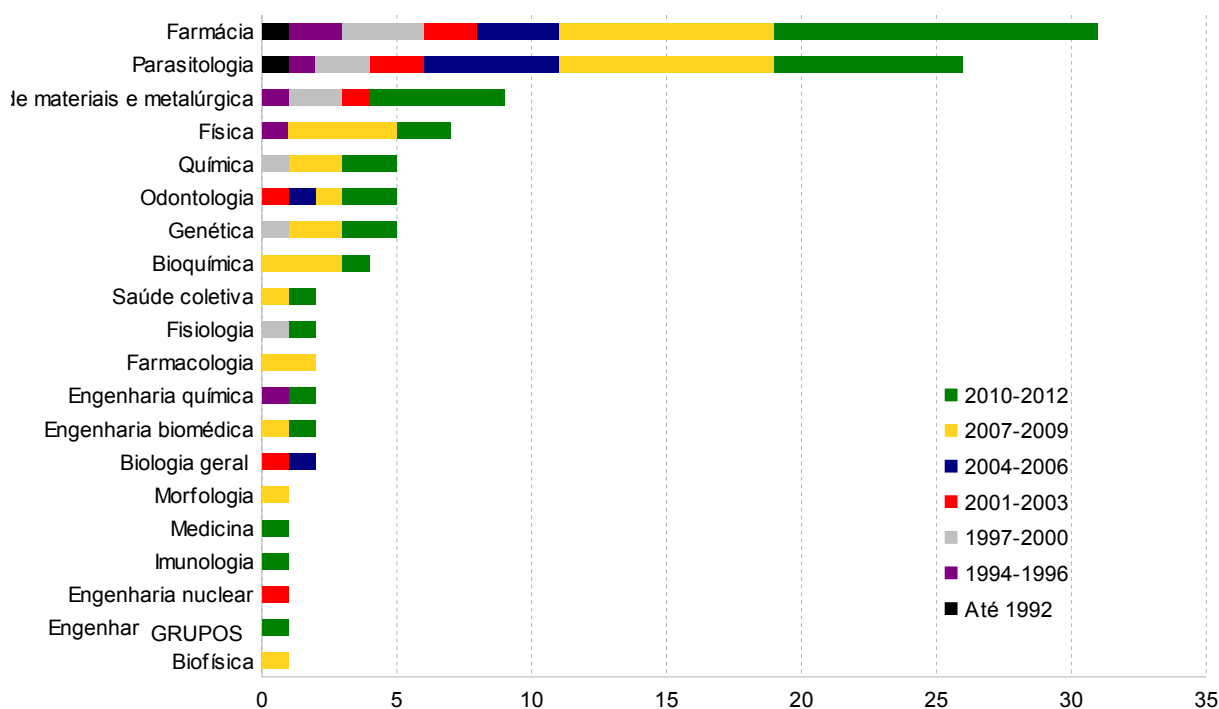


Figura 6 — Área do conhecimento e ano de criação dos grupos com linhas de pesquisa em nanomedicina

Notação: Autoria própria com dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa (CNPq, 2013a).

³³ A área predominante estava indicada no registro dos grupos de pesquisa (CAPES, 2003), baseado na classificação da Tabela de Áreas do Conhecimento da Capes (2012).

Pensando na organização dos 108 grupos nas grandes áreas da Capes, notamos a distribuição: ciências da saúde (40 grupos), ciências exatas e da terra (33), ciências biológicas (20) e engenharias (15). Observamos que a maioria (57 grupos ou 52,8% do total) estavam associados às áreas de farmácia e química.

Notamos que 23 grupos (21,3% do total) são constituídos por instituições de ensino superior com a participação de hospitais ou empresas (multinacionais e nacionais, incluindo empresas nascentes de linhas de pesquisa das instituições de ensino superior). Esses grupos — criados entre 1991 e 2011 —, indicavam como área predominante: farmácia (8 grupos), química (6), engenharia de materiais e metalúrgica (4), odontologia (2), saúde coletiva (1) e física (1).

Observamos que a participação das empresas não tinha relação com o tamanho do grupo, pois havia grupos com mais de trinta pesquisadores sem a participação de empresas, bem como um grupo com sete pesquisadores indicou ter a participação de seis empresas — praticamente uma proporção de um pesquisador para uma empresa. Assim, podemos ter diferentes naturezas de conhecimento em constituição em nanomedicina.

3.2.2 A produção de artigos científicos e patentes de autores brasileiros em nanomedicina

Observamos 483 artigos científicos produzidos com a participação de pesquisadores brasileiros, seja identificando pelos nomes indicados nos grupos de pesquisa registrados no CNPq, pelos currículos Lattes ou pelo *Scopus*. Consideramos o início das publicações em nanomedicina o ano de 1998, quando tivemos dois artigos de autores brasileiros. Embora haja um artigo publicado em 1987 e um em 1992, estas datas não foram consideradas, pois foram seguidas por anos sem publicação até 1997 (veja Figura 7 na página seguinte).

Identificamos como três fases na publicação de autores brasileiros em nanomedicina: entre 1998 e 2003, com publicação de dois a sete artigos — todos no tópico tecnológico “sistemas de entrega e liberação controlada”; entre 2004 e 2010, com um crescimento linear e surgimento de artigos em outros tópicos tecnológicos; entre 2011 e 2012, com crescimento mais acentuado na publicação de artigos e maior diversificação de tópicos.

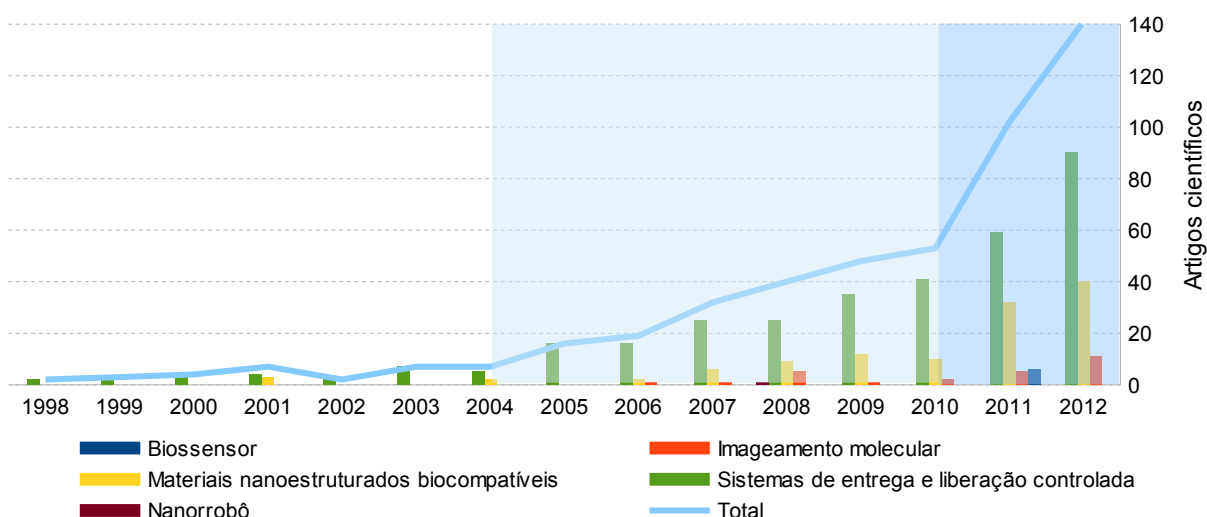


Figura 7 — Artigos de autores brasileiros em nanomedicina por tópico tecnológico (1998–2012)

Fonte: Autoria própria com dados dos currículos Lattes (2013) e *Scopus* (2013).

Notamos que apenas três tópicos tecnológicos tiveram um crescimento consolidado, ou seja, que não foi sucedido por anos sem publicação: “sistemas de entrega e liberação controlada” (69,0% do total) desde 1998; “materiais nanoestruturados biocompatíveis” (24,1%) desde 2004; “imageamento molecular” (5,4%) desde 2006. O tópico “nanorrobô” (0,2%) teve apenas uma ocorrência, em 2008, e “biossensores” (1,2%) teve um pico de seis publicações em 2011 — sem nenhuma publicação nos outros anos.

Reconhecemos nessa distribuição dos tópicos uma correspondência com as ações de fomento do CNPq, Finep e Capes observadas no Capítulo 2. Essa relação é esperada em termos de política de fomento no contexto atual, visto que o financiamento possibilitava maior produção de artigos e com mais impacto — objeto central para o funcionamento da ciência (LATOUR, 2000 [1987]).

Os 483 artigos em nanomedicina foram publicados em 202 periódicos nacionais e internacionais, dos quais 128 (63,4% do total) continham apenas uma publicação (veja Tabela 12 na página seguinte). As dez revistas com maior quantidade de artigos eram estrangeiras, sendo que a revista brasileira com mais publicações é *Química Nova*, com sete artigos — todos no tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”.

Tabela 12 — Periódicos com mais publicações de autores brasileiros em nanomedicina (1987–2012)

Posição	Periódicos com mais publicações	Artigos	Participação
1º	Journal of Biomedical Nanotechnology	30	6,2%
2º	International Journal of Pharmaceutics	23	4,8%
3º	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	19	4,0%
4º	International Journal of Nanomedicine	17	3,5%
5º	Latin American Journal of Pharmacy	12	2,5%
6º–8º	Acta Farmaceutica Bonaerense	10	2,1%
6º–8º	European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics	10	2,1%
6º–8º	Pharmazie	10	2,1%
9º–10º	Journal of Magnetism and Magnetic Materials	8	1,7%
9º–10º	Operative Dentistry	8	1,7%
11º–14º	Dental Materials	7	1,5%
11º–14º	Journal of Pharmaceutical Sciences	7	1,5%
11º–14º	Materials Science & Engineering. C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems	7	1,5%
11º–14º	Química Nova	7	1,5%
—	Total	99	35,0%

Fonte: Autoria própria com dados dos currículos Lattes (2013).

Essas revistas possuíam uma temática orientada sobretudo para as áreas de farmácia e odontologia. Observamos que os artigos nessas áreas poderiam ser associadas aos tópicos “sistemas de entrega e liberação controlada” e “materiais nanoestruturados biocompatíveis” respectivamente.

Durante a colaboração na publicação de artigos, entendemos que os pesquisadores desenvolveram uma prática de negociação entre conceitos às vezes de áreas distintas, inclusive para constituírem uma linguagem comum, com o surgimento de novas áreas como a bioquímica ou biofísica. Baseado nesse argumento, poderíamos reconhecer que o incentivo à pesquisa interdisciplinar pelas políticas brasileiras em N&N foi assertiva em produzir sinergias entre pesquisadores de diferentes áreas e destes com os empresários. Entendemos que tal interação é necessária para que o conhecimento seja de fato tecnocientífico (JULIANO, 2012, p.103).

Utilizamos a representação de grafos para indicar as articulações entre os pesquisadores em nanomedicina (veja Figura 9 na página 101 — Anexo II). Nesta abordagem, os 1.698 nós da rede representam os pesquisadores e as 8.434 arestas — algumas compactadas com o aumento da espessura — indicam as colaborações realizadas para publicação da pesquisa. Desse modo, foi possível reconhecer que há diversas redes que estão isoladas, quer seja por atuarem disciplinarmente no tema da nanomedicina ou mesmo pela dificuldade em

ampliar suas relações. Notamos um conjunto bastante articulado que observamos ser constituído sobretudo pelos pesquisadores do tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”. Essa característica foi promovida pelo apoio das empresas farmacêuticas ao tópico mais beneficiado pelas ações do CNPq, Finep e Capes.

A distribuição das 60 patentes em nanomedicina (veja Figura 8)³⁴ não possui o mesmo perfil de curva estritamente crescente, como observamos na publicação de artigos (veja Figura 7 na página 71). A redução nos últimos anos é atribuída ao tempo de demora para a publicação de patentes, tanto que não havia indicação de nenhuma patente em nanomedicina em 2011 e 2012 (INPI, 2013). Apesar disso, observamos que a produção de patentes se consolidou apenas em 2004, seis anos após a consolidação da publicação de artigos, em 1998. Observamos no gráfico que apenas um tópico tecnológico resultou em patentes em nanomedicina ao longo desse período: “sistemas de entrega e liberação controlada”. Todavia notamos patentes no tópico “revestimentos e filmes funcionais”.

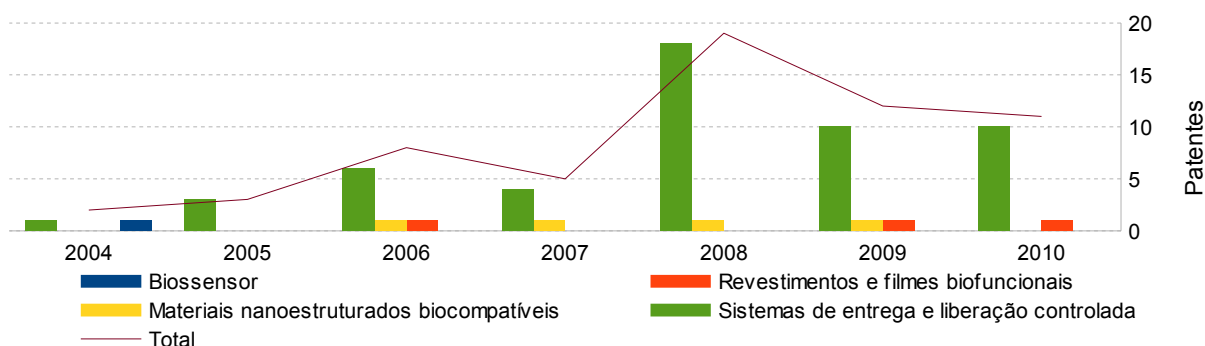


Figura 8 — Patentes de autores brasileiros em nanomedicina por tópico tecnológico (2004–2010)

Fonte: Autoria própria com dados dos currículos Lattes (2013) e *Scopus* (2013).

Assim, as políticas públicas que contribuíram para o crescimento de artigos foram insuficientes ou inadequadas para sustentar a evolução de patentes. Mas essa condição sozinha não seria suficiente, visto que a inovação demanda esforços de múltiplos atores — notadamente das empresas. Essa informação precisa ser contextualizada no âmbito da baixa participação do Brasil entre os países mais dinâmicos na produção de patentes.

³⁴ Houve uma patente em 1993, mas não foi indicada, pois nos anos seguintes, entre 1994 e 2003, nenhuma patente foi depositada.

3.2.3 Um olhar sobre o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil por meio dos tópicos tecnológicos da ABDI e CGEE para nanobiotecnologia

Inicialmente, apreendemos os tópicos tecnológicos em nanomedicina a partir da área de nanobiotecnologia projetada na prospecção tecnológica da ABDI e CGEE. Observamos como os projetos aprovados abrangiam esses tópicos no Capítulo 2, no qual notamos a proeminência de pesquisas em “sistemas de entrega e liberação controlada”. Nesse capítulo observamos que essa área também é proeminente em relação ao total de artigos (69,0% do total) e de patentes (92,0%). Dessa forma, para efeito de impacto e planejamento da política de fomento, consideramos que esse tema já está consolidado, com produtos desenvolvidos no Brasil em comercialização desde os anos 2000, conforme identificado por Fronza (2006, p. 57). No estudo prospectivo, todavia, esse tópico somente alcançaria o estágio de comercialização no período entre 2011 e 2015.

O tópico “materiais nanoestruturados biocompatíveis” também tem apresentado uma evolução na produção de artigos (24,1% do total), se consolidando dois anos após o tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”. Embora sua participação em patentes fosse reduzida (8,0%), observamos que praticamente todos os artigos neste tópico estavam orientados para a área de odontologia, bem como as empresas desse segmento participavam dos grupos de pesquisa do CNPq e de projetos financiados pela Finep.

Desse modo, sugerimos considerar essa particularidade, de modo a indicar que o tópico “materiais nanoestruturados biocompatíveis” em odontologia no Brasil alcançaria o estágio de comercialização no período entre 2011 e 2015. Essa indicação de um segmento foi utilizada na prospecção para indicar que o segmento “cosméticos” teria um desenvolvimento diferenciado em relação ao tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”. Pela mesma razão, reconhecemos que materiais nanoestruturados em odontologia estão em um estágio diferenciado e mais avançado do que biomateriais para matrizes de crescimento de células-troco — tema presente nos artigos científicos e em uma patente de 2009.

O tópico “imageamento molecular” está em constituição, como um novo tema de estudo para a comunidade de pesquisadores em nanomedicina. Todavia,

não notamos ações de desenvolvimento desse tópico, em conformidade com a projeção da prospecção ADBI e CGEE (2010) de que esse tema alcançaria fase de desenvolvimento no período entre 2011 e 2015. Contudo, esse tópico possui pesquisas em estágio mais avançado do que “revestimento e filmes biofuncionais” para a saúde humana, o qual não foi abordado pelos artigos científicos apesar de seu estágio avançado quando percebido como uma área da nanobiotecnologia.

Os nanorrobôs foram abordados em apenas um artigo sobre simulação computacional. De fato, seus primeiros conceitos ainda estão em constituição nos países mais dinâmicos (ABDI e CGEE, 2010).

Desse modo, uma delimitação mais focada na nanomedicina poderia ser adotada nos estudos prospectivos brasileiros para fornecer uma avaliação mais precisa do desenvolvimento das N&N no setor de saúde humana.

3.2.4 Os pesquisadores em nanomedicina com mais colaborações na publicação de artigos científicos

Considerando a ênfase das políticas brasileiras em nanomedicina na construção do conhecimento em rede, buscamos caracterizar os vinte pesquisadores com mais colaborações na publicação de artigos científicos em termos de sua formação e do fomento recebido (veja Tabela 15 na página 102 — Anexo II). Eles publicaram artigos com pelo menos 30 cientistas (grau maior que 30). Observamos que 18 pesquisadores (90% do total) eram provenientes de instituições públicas de ensino superior, um de um instituto público de pesquisa em física, um de uma universidade privada. Nenhum trabalhava nas regiões Norte e Nordeste.

Notamos que os pesquisadores possuíam uma formação disciplinar, com o doutoramento na mesma área da graduação (veja Tabela 15). A maioria dos pesquisadores concluiu o doutoramento nos anos 1990, embora identificamos um recém mestre em Ciências Farmacêuticas entre os vinte pesquisadores. Tal influência foi possível graças à colaboração com pesquisadores mais profícuos na constituição de parcerias na publicação, os quais foram apoiados por várias instituições de fomento, incluindo a própria universidade e as Fundações de Amparo Estaduais.

A maioria dos pesquisadores (12 ou 60% do total) são autores de patente, com um perfil mais propício à pesquisa tecnocientífica. Nem todos os pesquisadores atuavam exclusivamente em nanomedicina. A nanomedicina tinha participação reduzida no total de sua publicação de alguns pesquisadores, enquanto para outros cientistas esse ramo do conhecimento representava mais de 90% da produção de artigos científicos.

Afinal, como compreender que alguns pesquisadores eram melhor sucedidos na constituição de parcerias (em termos da quantidade de colaboradores)? Para essa questão, buscamos identificar o uso das políticas brasileiras em N&N por esses vinte pesquisadores (veja Tabela 13). Notamos que eles participavam ou mesmo coordenavam redes de pesquisa com apoio sobretudo do CNPq. Alguns cientistas eram integrantes de redes constituídas tanto pelas instituições do MCTI (CNPq e Finep) como pela Capes, mas não observamos nessa lista beneficiados pelo fomento do Ministério da Saúde.

Tabela 13 — Apoio das políticas brasileiras para os pesquisadores em nanomedicina com mais colaborações na publicação de artigos

Pesquisador	Tópico	Apoio das políticas brasileiras de fomento	Bolsa de produtividade do CNPq³⁵
Helder José Ceragioli	Sistemas de entrega e liberação controlada	Projetos apoiados pelo CNPq	Bolsista de Pós-doutorado Sênior
Raul Cavalcante Maranhão	Sistemas de entrega e liberação controlada	*	1A
Sílvia Stanisçuaski Guterres	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede de Nanobiotecnologia (2001–2005) [MCTI/CNPq] Coordenadora da Rede de Nanocosmético (2005–2009) [MCTI/CNPq] Projetos apoiados pelo MCTI/CNPq e Finep	1A
Paulo César de Moraes	Sistemas de entrega e liberação controlada	Coordenador da Rede de Nanobiotecnologia (2001–2005) [MCTI/CNPq] Coordenador da Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados a Tuberculose e PBmicose (2004–2007) [CNPq] Membro da Rede de Nanobiomagnetismo (2005–2009) [MCTI/CNPq]	1B

³⁵ A bolsa de produtividade é destinada para os pesquisadores que se destacam em relação aos pares na produção científica, formação de recursos humanos, contribuição para a inovação, participação em projetos de pesquisa e em atividades administrativas.

Pesquisador	Tópico	Apoio das políticas brasileiras de fomento	Bolsa de produtividade do CNPq
Ricardo Bentes de Azevedo	Sistemas de entrega e liberação controlada	Coordenador do Instituto de Nanobiotecnologia [MCTI/CNPq] Membro da Rede de Nanobiomagnetismo (2005–2009) Membro da Rede de Nanobiotecnologia (2001–2005) [MCTI/CNPq] Membro da Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados a Tuberculose e PBmicose (2004–2007) [MCTI/CNPq]	1B
Sônia Nair Bão	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede Centro Oeste e Norte de P&D&I e Pós-Graduação em Nanobiotecnologia [Capes]	1B
Ana Maria Oliveira Battastini	Sistemas de entrega e liberação controlada	Coordenador da Rede Nanocosmético (2005–2009) [MCTI/CNPq]	1B
Zulmira Guerrero Marques Lacava	Sistemas de entrega e liberação controlada	Coordenador da Rede Centro Oeste e Norte de P&D&I e Pós-Graduação em Nanobiotecnologia [Capes] Membro do Instituto de Nanobiotecnologia [MCTI/CNPq] Membro da Rede de Nanobiomagnetismo (2005–2009) [MCTI/CNPq] Membro da Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados a Tuberculose e PBmicose (2004–2007) [MCTI/CNPq]	1C
Antonio Claudio Tedesco	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro do Instituto de Nanobiotecnologia Membro da Rede Centro Oeste e Norte de P&D&I e Pós-Graduação em Nanobiotecnologia [Capes] Membro da Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados a Tuberculose e PBmicose (2004–2007) [MCTI/CNPq]	1C
Alexandre Malta Rossi	Materiais nanoestruturados biocompatíveis	Coordenador de projetos aprovados pelo MCTI/CNPq e Finep (MCTI e FINEP, 2009b)	1C
Emilia Celma de Oliveira Lima	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede de Nanobiomagnetismo Membro da Rede cooperativa em materiais nanoestruturados aplicados a Tuberculose e PBmicose (2004–2007) [MCTI/CNPq]	1D
Adriana Raffin Pohlmann	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede de Nanobiotecnologia (2001–2005) [MCTI/CNPq]	1D

Pesquisador	Tópico	Apoio das políticas brasileiras de fomento	Bolsa de produtividade do CNPq
Mônica Cristina de Oliveira	Sistemas de entrega e liberação controlada	Coordenador da Rede Centro Oeste e Norte de P&D&I e Pós-Graduação em Nanobiotecnologia [Capes] Membro da Rede de Nanobiomagnetismo (2005–2009) [MCTI/CNPq]	2
Vanessa Carla Furtado Mosqueira	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede de Nanobiotecnologia (2001–2005) [MCTI/CNPq]	2
Elenara Maria Teixeira Lemos Senna	Sistemas de entrega e liberação controlada	Projetos apoiados pelo CNPq	2
Lucio Mendes Cabral	Sistemas de entrega e liberação controlada	Projetos apoiados pelo CNPq	2
Ruy Carlos Ruver Beck	Sistemas de entrega e liberação controlada	Membro da Rede Nanocosmético (2005–2009) [MCTI/CNPq] Apoio do MCT e CNPq (2007a)	2
Marcos Marques da Silva Paula	Materiais nanoestruturados biocompatíveis	Projetos apoiados pelo CNPq e Finep	2
Renata Platcheck Raffin	Sistemas de entrega e liberação controlada	Projetos apoiados pelo CNPq e Finep	—
Eliézer Jäger	Sistemas de entrega e liberação controlada	—	—

Fonte: Autoria própria com dados dos currículos Lattes (2013). Nota: * Não divulgado.

Praticamente todos os pesquisadores (18 dos 20 pesquisadores ou 90% do total) atuavam no tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”. Esse dado apoia a interpretação de que esse é o tópico em nanomedicina com mais articulações.

3.3 Considerações finais

Observamos que a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em nanomedicina requer a constituição de colaborações. Notamos essa integração entre os atores empresas e instituições de ensino superior nos grupos de pesquisa do CNPq e nas redes instituídas pelas políticas brasileiras em N&N (CNPq, Finep e Capes).

Notamos que a produção de artigos e patentes em alguns tópicos tecnológicos em nanomedicina já estavam consolidados em 2012 — notadamente em “sistemas de entrega e liberação controlada”. Esses

conhecimentos foram baseados em profissionais formados em diversas áreas, de modo que a atuação como pesquisador em nanomedicina incluiu a prática científica multi e interdisciplinar, tal como incentivado pelas políticas de fomento.

Compreendemos que a nanomedicina também é muito diversa, mesmo sendo mais específica do que o conceito de nanobiotecnologia. Considerando a prospecção tecnológica da ABDI e CGEE recomendamos: a) alguns tópicos poderiam ser avaliados em estágios mais avançados de desenvolvimento em 2013; b) inclusão de uma segmentação de “materiais nanoestruturados biocompatíveis” para odontologia em face dessa temática estar tendo um desenvolvimento diferenciado em termos de publicação e articulação de redes.

CONCLUSÃO

A nanomedicina tem sido fomentada no âmbito das políticas amplas das nanociências e nanotecnologias (N&N) — desde 2001 —, com a participação de diferentes atores: Ministério da Saúde, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Esses atores têm induzido a constituição de redes de pesquisa e de estímulo à inovação, com a produção de conhecimentos científico e tecnológico — ou tecnocientífico. Nesse processo, o Estado foi um ator-chave e imprescindível para o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil.

Pensando nas políticas brasileiras em N&N, reconhecemos o esforço de constituição de sistemas ou redes em consonância com a aproximação das políticas setoriais com as políticas industriais — ainda que nem sempre elas atuem como redes. Embora reconheçamos um esforço das políticas de fomento para a pesquisa em rede, notamos que alguns grupos têm realizado pesquisa científica e tecnológica sem a participação de empresas. Desse modo, compreendemos que há mais de um paradigma de política de ciência, tecnologia e inovação e de ciência, pois notamos a coexistência de projetos de pesquisa dita básica, enquanto alguns temas são produzidos com a participação das empresas. Nesse processo algumas linhas de pesquisas resultaram em produtos e processo, incluindo a criação de empresas, que consideramos ser uma das características de uma ciência bem-sucedida. Podemos citar o exemplo do fotoprotetor exportado pela Biolab — farmacêutica brasileira — com fator de proteção 100% e desenvolvido com colaboração de duas pesquisadoras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (citadas na Tabela 13 na página 76) e com apoio da Finep.

As características da nanomedicina apreendidas da nanobiotecnologia na prospecção tecnológica da ABDI e CGEE (2010) estão em consonância com o estudo homólogo realizado na União Europeia (ETPN, 2009). Por isso, buscamos identificar a dimensão nacional no desenvolvimento desses tópicos.

Observamos que os setores mais dinâmicos em nanomedicina em termos de projetos aprovados no âmbito das políticas públicas e na publicação de artigos e patentes estão associados aos tópicos:

a) “Sistemas de entrega e liberação controlada”: nanocosmético para aplicação dermatológica e fármacos para tratamento de câncer de pele;

b) “Materiais nanoestruturados biocompatíveis”: materiais odontológicos.

Notamos que esses temas se consolidaram com a participação de empresas nas redes, quer seja nos grupos de pesquisa registrados no CNPq ou nos projetos apoiados pelo CNPq e Finep.

Compreendemos que as agências de fomento CNPq, Finep e Capes têm promovido a integração entre a formação de recursos humanos e a pesquisa tecnocientífica, enquanto o Ministério da Saúde tem apoiado projetos no âmbito de suas subagendas. Desse modo, a nanomedicina está se desenvolvendo como um ramo do conhecimento tanto orientado para a competitividade do setor de saúde humana, como para as demandas próprias da saúde coletiva no Brasil.

Assim, embora possamos observar que existe um crescimento de uma sub-área, que podemos nomear como nanomedicina, esta não se explicita em termos políticos. Por essa razão, e em face dos pressupostos teóricos aos quais aderimos, esta presença tanto oblitera tradições já compostas, como podem ficar a mercê de políticas futuras, caso a tradução do conceito de nanomedicina não leve em consideração as características e desenvolvimento contextuais e locais aqui mapeados e descritos.

Considerando que conseguimos um retrato mais preciso do desenvolvimento das N&N com foco em saúde ao utilizarmos tópicos em nanomedicina ao invés de nanobiotecnologia. Essa segmentação seria justificada não apenas pela delimitação conceitual, mas sobretudo por se desenvolverem em um contexto próprio do complexo econômico-produtivo da saúde no Brasil, temas de investigação prioritários, como doenças tropicais, e da participação do Ministério da Saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia

ALENCAR, Maria Simone de Menezes. **Estudos de futuro como abordagem para prospecção**: caso nanotecnologia. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Orientadora: Adelaide Maria de Souza Antunes.

ALICE, Leandro. **Empreendedorismo e nanotecnologia farmacêutica**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Orientadora: Janis Elisa Ruppenthal.

ANDRADE, Ana Maria Ribeiro de. **Físicos, mésons e política**: a dinâmica da ciência na sociedade. 1. ed. São Paulo: HUCITEC / MAST — CNPq, 1999. 258 p.

ANDRADE, Priscila Almeida. **Análise da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (1990 a 2004)**: a influência de atores e agendas internacionais. 224 f. Dissertação (Mestrado em Política Social) — Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Orientadora: Denise Bomtempo Birche de Carvalho. p. 202.

AZEVEDO, Valderilio Feijó. Medicina translacional: qual a importância para a prática reumatológica? **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 49, p. 81–83, 2009.

BALBACHEVSKY, Elizabeth. Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação na América Latina: as respostas da comunidade científica. **Caderno CRH**, v. 24, p. 503–517, 2012.

BASSOTTO, Gabriela Viana. **Nanotecnologia e educação**: perspectivas para a formação inicial de professores de química. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Orientadora: Nara Regina de Souza Basso. Coorientadora: Regina Maria Rabello Borges.

BEN-DAVID, Joseph. Conclusão. In: _____. **O papel do cientista na sociedade**: um estudo comparativo. Tradução de Dante Moreira Leite. São Paulo: Pioneira, EDUSP, 1974 [1971]. cap. IX, p. 235–256.

BIJKER, Wiebe. How is technology made? That is the question! **Cambridge Journal of Economic**, v. 34, p. 63–76, 2010.

CAMPOS, André Luiz de. Ciência, tecnologia e economia. In: PELAEZ, Victor; SZMRECSÁNYI, Tamás (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006. cap. 6, p. 137–167.

CANAVEZ, Marcio de Jesus Mendes. **O uso da nanotecnologia nas empresas**: um estudo de caso do setor de cosméticos. 69 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Orientador: Walter Tadahiro Shima.

COLLINS, Harry M.; EVANS, Robert. The third wave of science studies: studies of expertise and experience. **Social Studies of Science**, v. 32, p. 235–296, 2002.

COUTINHO, Luciano; FERRAZ, João Carlos (Coord.). **Estudo da competitividade da indústria brasileira** — competitividade da indústria de fármacos. Campinas: Unicamp, 1993. 71 p.

CUKIERMAN, Henrique. **Yes, nós temos Pasteur**: Manguinhos, Oswaldo Cruz e a história da ciência no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2007. 439 p.

DAGNINO, Renato Peixoto. **Ciência e Tecnologia no Brasil**: o processo decisório e a comunidade de pesquisa. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. 216 p.

DANTES, Maria Amélia Mascarenhas. Introdução: uma história institucional das ciências no Brasil. In: _____ (Org.). **Espaços da ciência no Brasil, 1800–1930**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2001. p. 13–26.

ESCOREL, Sarah; BLOCH, Renata Arruda. As Conferências Nacionais de Saúde na construção do SUS. In: LIMA, Nísia Trindade; GERSCHMAN, Silvia; EDLER, Flávio Coelho; SUÁREZ, Julio Manuel (Org.). **Saúde e democracia**: história e perspectivas do SUS. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005. cap. 3, p. 83–120.

FERRONATTO, Rafael Luiz. **Nanotecnologia, ambiente e direito**: desafios para a sociedade na direção a um marco regulatório. 111 f. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2010. Orientador: Leonel Severo Rocha.

FRONZA, Tassiana. **Estudo exploratório de mecanismos de regulação sanitária de produtos cosméticos de base nanotecnológica no Brasil**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Orientador: Helder Ferreira Teixeira. Coorientadora: Silvia Stanisquaski Guterres.

FURTADO, André Tosi. Novos arranjos produtivos, estado e gestão da pesquisa pública. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 41–45, 2005.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; MALDONADO, José; VARGAS, Mário A. ; BARBOSA, Pedro R.; COSTA, Laís Silveira. In: _____. **A dinâmica de inovação e a perspectiva do complexo econômico-industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2012. v. 1. p. 13–21.

GARCIA, João Carlos Vitor; OLIVEIRA, José Carlos; MOTOYAMA, Shozo. O desenvolvimento da História da Ciência no Brasil. In: FERRI, Mário Guimarães; MOTOYAMA, Shozo (Coord.). **História das Ciências no Brasil**. São Paulo: Editora da USP, 1979. cap. 9, p. 381–408.

GOLDBAUM, Moisés; SERRUDA, Suzanne Jacob. O Ministério da Saúde na política de ciência, tecnologia e inovação em saúde. **Revista USP**. São Paulo, n. 73, p. 40–47, 2007.

GORDON, José Luis Pinho Leite. **Políticas para nanotecnologia no Brasil** 2004/2008. 174 f. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Orientador: José Eduardo Cassiolato.

GUIMARÃES, Camila Felipin Circuvins. **Desenvolvimento da nanotecnologia em empresas brasileiras e suas potenciais implicações para o emprego**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Trabalho) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Orientadora: Noela Invernizzi.

GUIMARÃES, Reinaldo. Ciência, tecnologia e inovação: um paradoxo na reforma sanitária. In: LIMA, Nísia Trindade; GERSCHMAN, Silvia; EDLER, Flávio Coelho; SUÁREZ, Julio Manuel (Org.). **Saúde e democracia**: história e perspectivas do SUS. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005. cap. 7, p. 235–256.

HOCHMAN, Gilberto. Quando a saúde se torna pública: formação do Estado e políticas de saúde no Brasil. In: _____. **A era do saneamento**: as bases da política de saúde pública no Brasil. São Paulo: HUCITEC/ ANPOCS, 1998. cap. 1, p. 19–46.

INVERNIZZI, Noela; FOLADORI, Guillermo. Nanomedicine, poverty and development. **Development**, v. 49, n. 4, p. 114–118, 2006.

JARDIM, Fernando Rogério. **O macrocosmo social a nanociência**: estudo sobre as pesquisas em nanotecnologia da Embrapa e da Unicamp. 396 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Orientador: Ruy Gomes Braga Neto.

JASANOFF, Sheila. Breaking the waves in Science Studies: comment on H. M. Collins and Robert Evans, 'The Third Wave of Science Studies'. **Social Studies of Science**, v. 33, n.3, p. 389–400, 2003.

JULIANO, R. L. The future of nanomedicine: promises and limitation. **Science and Public Policy**, v. 39, p. 99–104, 2012.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 9 ed. São Paulo: Perspectiva, 2006 [1962]. 260 p.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: UNESP, 2000 [1987]. 438 p.

_____. **A esperança de Pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru: EDUSC, 2001 [1999]. 370 p.

_____. **Políticas da natureza**: como fazer ciência na democracia. Bauru: EDUSP, 2004 [1999]. 412 p.

LE GOFF, Jacques. A visão dos outros: um medievalista diante do presente. In: CHAUVEAU, Agnès; TÉTART, Philippe. **Questões para a história do presente**. Bauru: EDUSC, 1999 [1992]. p. 93–102.

LÊDO, João Carlos Silva. **Questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Bioética) — Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2006. Orientador: William Saad Hossne. Coorientadora: Margareth Zabeu Pedroso.

LIMA, Nísia Trindade; FONSECA, Cristina M. O.; HOCHMAN, Gilberto. A saúde na construção do estado nacional no Brasil: reforma sanitária em perspectiva histórica. In: LIMA, Nísia Trindade; GERSCHMAN, Silvia; EDLER, Flávio Coelho; SUÁREZ, Julio Manuel (Org.). **Saúde e democracia**: história e perspectivas do SUS. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005. cap. 1, p. 27–58.

LUDEÑA, Mercy Escalante. **Avaliação de redes de inovação em nanotecnologia** — a proposta de um modelo. 137 f. Tese (Doutorado em Administração) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Orientador: Adalberto Américo Fischmann. Coorientador: Guilherme Ary Plonski.

MARQUES, Experditerson Braz. **Cooperação universidade-empresa-governo para a pesquisa em nanotecnologia**: estudo de caso do grupo NanoITA, Ponta Grossa, Paraná. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2009. Orientador: João Luiz Kovaleski. Coorientador: Sérgio Mazurek Tebcherani.

MARQUES, Luís Fernando Moraes. **Proposta de um modelo de análise multidimensional para impactos de novas tecnologias**: interações entre nanotecnologia, economia, sociedade e meio ambiente. 237 f. Tese (Doutorado em Administração) — Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Orientador: Paulo Antônio Zawilak.

MATTEDI, Marcos Antônio; MARTINS, Paulo Roberto; PREMEBIDA, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. **Pensamento Plural**, Pelotas, v. 9, p. 130–155, 2011.

MOREL, Regina Lúcia de Moraes. Marco teórico. In: _____. **Ciência e estado**: a política científica no Brasil. São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1979. cap. 1, p. 5–22.

MOWERY, David C.; ROSENBERG, Nathan. **Trajetórias da inovação**: A mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005 [1998]. 230 p.

NERI, Daniel da Mota. Introdução. In: _____. **História da nanociência em uma perspectiva kuhniana**: da invenção dos fulerenos à descoberta do grafeno. 111 f. Dissertação (Mestrado em História) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Orientador: Mauro Lúcio Leitão Condé. p. 4–12.

NUNES, Denise Maria. **Na indústria do átomo a beleza é inteligente, enquanto questões de governança são nanoestruturadas**. 171 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Orientadora: Julia Silvia Guivant.

OLIVEIRA, Marcos Barbosa. Desmercantilizar a tecnociência. In: SANTOS, Boaventura de Souza (Org.). **Conhecimento prudente para uma vida decente**: "Um discurso sobre as ciências" revisitado. São Paulo: Cortez, 2004. p. 241-266.

OLIVEIRA, Saulo Campos. **Redes de colaboração científica**: a dinâmica da rede em nanotecnologia. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Orientador: Leandro Innocentini Lopes de Faria.

PEREIRA, Carmem Regina da Silva. **Nanotecnologia e citologia**: perspectivas para o ensino de Biologia no século XXI. 118 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Orientadora: Regina Maria Rabello Borges

PYRRHO, Monique. **Reflexos de imagens**: discursos sobre ética e nanotecnologia nas literaturas médica e bioética. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) — Universidade de Brasília, 2009. Orientador: Volnei Garrafa.

RATTNER, Henrique. O controle da transferência de tecnologia para países em desenvolvimento. Tradução de F. R. Nickelsen Pellegrini [1973]. In: RATTNER, Henrique. **Tecnologia e sociedade**: uma proposta para os países subdesenvolvidos. São Paulo: Brasiliense, 1980. p. 49-69.

SALLES, Sérgio Filho. A organização da pesquisa e a busca de novos padrões organizacionais (Embrapa, Fiocruz, IPT). In: _____ (Coord.). **Ciência, tecnologia e inovação**: A reorganização de pesquisa pública no Brasil. Campinas: Komedi, 2000. cap. 1, p. 27-45.

SANT'ANNA, Vanya M. Parte 1. In: _____. **Ciência e sociedade no Brasil**. São Paulo: Símbolo, 1978. p. 35-94.

SANTOS, Jorge Luiz dos Junior. **Ciência do futuro**: comunidades científicas e o ciclo da política de nanociência no Brasil. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Orientador: Maria de Fátima Ferreira Portinho.

SANTOS, Leonardo de Assis. **Sistema Brasileiro de Inovação em nanotecnologia**: uma análise preliminar. 179 f. Dissertação (Mestrado em Administração) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Orientador: César Golçalves.

SILVA, Marise Borba da. **Nanotecnologia e a condição humana**: a radicalidade de técnica contemporânea, os questionamentos éticos do *homo viator* e a visão da natureza. 282 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

STEPAN, Nancy. **Gênese e evolução da ciência brasileira**: Oswaldo Cruz e a política de investigação científica e médica. Rio de Janeiro: Editora Artenova, 1976. 188 p.

VELHO, Léa. Conceitos de ciência e a política científica, tecnológica e de inovação. **Sociologias**, v. 13, n. 26, p. 128–153, 2011.

VOLTI, Rudi. Scientific knowledge and technological advance. In: _____. **Society and technological change**. 6 ed. New York: Worth Publishers, 2010. cap. 4, p. 58–74.

WAKAMATSU, Mitzi Hass. **Análise interdisciplinar das oportunidades e riscos associados às nanociências e nanotecnologias**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Nanociências e Materiais Avançados) — Universidade Federal do ABC, Santo André, 2009. Orientador: Rafael Salomão.

WINNER, Langdon. Do artifacts have politics? In: JOHNSON, Deborah G.; WETMORE, Jameson M. (Ed.). **Technology and society: building our sociotechnical future**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2008 [1986]. cap. 13, p. 209–226

Fontes — documentos

BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial — ABDI. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010a. 60 p.

_____. **Panorama [da] nanotecnologia** (Série Cadernos da Indústria, v. 19). Brasília: ABDI, 2010b. 180 p.

_____. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulamentação**. Brasília: ABDI, 2012. 52 p.

BRASIL. ABDI; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos — CGEE. **Nanotecnologia: estudo prospectivo nanotecnologia, 2008–2025** (Série Cadernos da Indústria, v. 20). Brasília: ABDI, 2010. 400 p.

BRASIL. ABDI; Instituto Nacional da Propriedade Industrial — INPI. **Panorama de patentes de nanotecnologias**. Brasília: ABDI e INPI, 2012. 48 p.

BRASIL. Casa Civil *et al.* **Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior**. 26 nov. 2003. p. 5.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação — MCTI. **Programa Institutos do Milênio** — Documento básico. Brasília, 10 mar. 2001.

_____. **Desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia**. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. 2003. 28 p.

_____. **Nanotecnologia: investimentos, resultados e demandas**. Brasília: MCTI, dez. 2006. 19 p.

_____. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação — ENCTI 2012–2015: Balanço das atividades estruturantes 2011**. Brasília: MCTI, 2012. p. 74.

BRASIL. MCTI; CGEE. **Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: MCTI e CGEE, 2010. p. 51.

BRASIL. MCTI; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq. **Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003**. O Ministério da Ciência e Tecnologia — MCT, por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, em conformidade com a Lei nº 10.168, de 29 de dezembro de 2000, e os Decretos nº 3949, de 3 de outubro de 2001 e nº 4.195, de 11 de abril de 2002, que regulam a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento no âmbito do Programa de Estímulo à Interação Universidade Empresa para apoio à Inovação (Fundo Verde-Amarelo), doravante denominado FVA, torna público o presente Edital e convoca os interessados a apresentarem propostas nos termos aqui estabelecidos. Brasília: MCTI e CNPq, 3 dez. 2003a. 8 p.

_____. **Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 — 1ª fase**: Resultado da Chamada em Nanotecnologia e Materiais Avançados. Brasília: MCTI e CNPq, 2 set. 2003b. 2 p.

_____. **Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 — 2ª fase**: Resultado da Chamada em Nanotecnologia e Materiais Avançados. Brasília: MCTI e CNPq, 2 set. 2003c. 2 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 012/2004**. Edital para apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação com empresas de base tecnológica. Brasília: MCTI e CNPq, 8 jul. 2004a. 9 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 012/2004**. Resultado do edital para apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação com empresas de base tecnológica. 2004b. Brasília: MCTI e CNPq, 6 out. 2004b. 2 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 013/2004**. Edital para apoio a atividades de pesquisa voltadas para o estudo de aspectos éticos ou impactos ambientais da nanotecnologia e Nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 8 jul. 2004c. 8 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 013/2004**. Resultado do edital para apoio a atividades de pesquisa voltadas para o estudo de aspectos éticos ou impactos ambientais da nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 6 out. 2004d. 1 p.

_____. **Edital MCT/CNPq/CT-Energ nº 018/2004**. Seleção pública de projetos de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de materiais avançados, nanotecnologia, plasma, supercondutividade e fusão nuclear de interesse do setor de energia elétrica. Brasília: MCTI e CNPq, 2 ago. 2004e. 13 p.

_____. **Edital MCT/CNPq/CT-Energ nº 018/2004.** Resultado da seleção pública de projetos de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de materiais avançados, nanotecnologia, plasma, supercondutividade e fusão nuclear de interesse do setor de energia elétrica. Brasília: MCTI e CNPq, 9 nov. 2004f. 4 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 021/2004 — RHAЕ-Inovação.** Programa de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas em Apoio à Inovação Tecnológica – RHAЕ-Inovação para a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior. 4 ago. 2004g. 12 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 021/2004 — RHAЕ-Inovação.** Resultado da seleção de propostas para o Programa de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas em Apoio à Inovação Tecnológica RHAЕ-Inovação para a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior. Brasília: MCTI e CNPq, 19 out. 2004h. 4 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 021/2004 — RHAЕ-Inovação.** Resultado da Seleção de Propostas para o Programa de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas em Apoio à Inovação Tecnológica RHAЕ-Inovação para a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior — Relação suplementar. Brasília: MCTI e CNPq, 2 fev. 2005a. 2 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 01/2005 — Institutos do Milênio.** O Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, torna público e convoca os interessados a apresentarem propostas para obtenção de financiamento de projetos no âmbito do Programa Institutos do Milênio, de acordo com o que estabelece o presente Edital. Brasília: MCTI e CNPq, 12 abr. 2005c. 15 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 01/2005.** Resultado da Seleção de Propostas para os Institutos do Milênio. Brasília: MCTI e CNPq, 22 set. 2005b. 3 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 028/2005.** Seleção pública de propostas para apoio a projetos apresentados por jovens pesquisadores, para financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência, nanotecnologia ou nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 12 abr. 2005c. 12 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 028/2005 — Fase I.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio à jovens pesquisadores em nanociência, nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 29 jul. 2005d. 3 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 028/2005 — Fase II.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio à jovens pesquisadores em nanociência, nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 4 out. 2005e. 2 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 29/2005.** Seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência, nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 12 abr. 2005f. 14 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 029/2005 — Fase I.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência, nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 12 jul. 2005g. 2 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 029/2005 — Fase II.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência, nanotecnologia e nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 4 out. 2005h. 2 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 031/2005.** Seleção pública de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no âmbito da cooperação internacional com a França em Nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 6 mai. 2005i. 12 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 031/2005.** Resultado da seleção pública de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no âmbito da cooperação internacional com a França em Nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 4 out. 2005j. 1 p.

_____. **Editais MCT/CNPq/CT-BIOTEC nº 058/2005.** Seleção pública de projetos de desenvolvimento e inovação tecnológica de produtos e processos em nanociência e nanotecnologia no âmbito das incubadoras de empresas. Brasília: MCTI e CNPq, 29 set. 2005k. 13 p.

_____. **Editais MCT/CT-BIOTEC/CNPq nº 58/2005.** Resultado da seleção pública de projetos de desenvolvimento e inovação tecnológica de produtos e processos em nanociência e nanotecnologia no âmbito das incubadoras de empresas. Brasília: MCTI e CNPq, 14 dez. 2005l. 3 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 42/2006.** Seleção pública de propostas para apoio a projetos apresentados por jovens pesquisadores, para financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 12 set. 2006a. 9 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 042/2006.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio a projetos apresentados por jovens pesquisadores, para financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 21 dez. 2006b. 2 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 43/2006.** Seleção pública de propostas para apoio a projetos de melhoria de infra-estrutura laboratorial em nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 12 set. 2006c. 9 p.

_____. **Editais MCT/CNPq nº 43/2006.** Resultado da seleção pública de propostas para apoio a projetos de melhoria de infraestrutura laboratorial em nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 21 dez. 2006d. 1 p.

_____. **Editais CNPq/MCT nº 09/2007.** Seleção pública de propostas de projetos de pesquisa, apresentados por jovens pesquisadores, para financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 20 ago. 2007a. 11 p.

_____. **Edital FVA/MCT/CNPq nº 09/2007.** Seleção pública de propostas de projetos de pesquisa, apresentados por jovens pesquisadores, para financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 30 nov. 2007b. 2 p.

_____. **Edital CNPq/MCT nº 10/2007.** Seleção pública de propostas de projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados à melhoria de infra-estrutura laboratorial em nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 21 set. 2007c. 10 p.

_____. **Edital CT-Petro/FVA/MCT/CNPq nº 10/2007.** Seleção pública de propostas de projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados à melhoria de infra-estrutura laboratorial em nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 11 dez. 2007d. 1 p.

_____. **Edital MCT/CNPq Nº 62/2008.** O Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq tornam público o presente Edital e convidam os jovens pesquisadores interessados na obtenção de financiamento para as atividades de pesquisa e desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia, no âmbito do Programa Nacional de Nanotecnologia, a apresentarem propostas nos termos aqui estabelecidos e em conformidade com o anexo REGULAMENTO/CONDIÇÕES ESPECÍFICAS, parte integrante deste Edital. Brasília: MCTI e CNPq, 17 set. 2008a. 13 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 62/2008.** Jovens Pesquisadores em Nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 16 dez. 2008b. 5 p.

_____. **Edital MCT/CNPq Nº 70/2008.** Seleção Pública de Propostas para a Concessão de Cotas de Bolsas de Mestrado e Doutorado a orientadores credenciados junto aos Programas de Pós-Graduação reconhecidos pela CAPES, no âmbito da linha de Formação de Recursos Humanos em áreas estratégicas de C,T&I. Brasília: MCTI e CNPq, 13 nov. 2008c. 13 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 74/2010.** Seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 6 out. 2010a. 13 p.

_____. **Edital MCT/CNPq nº 74/2010.** Nanociência e nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 2010b. 1 p.

_____. **Chamada MCTI/CNPq N º 17/2011.** Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanotoxicologia e nanoinstrumentação. Brasília: MCTI e CNPq, 12 set. 2011a. 11 p.

_____. **Chamada MCTI/CNPq nº 20/2011.** Apoio à execução de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em nanotecnologia no âmbito da cooperação internacional Brasil-Cuba. Brasília: MCTI e CNPq, 20 set. 2011b. 9 p.

_____. **Chamada MCTI/CNPq nº 21/2011.** Apoio à execução de projetos conjuntos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em nanotecnologia no âmbito da cooperação internacional Brasil-México. Brasília: MCTI e CNPq, 20 set. 2011c. 9 p.

_____. **Chamada MCTI/CNPq nº 16/2012.** Tecnologias inovadoras na produção, prototipagem e/ou aumento de escala em nanotecnologia. Brasília: MCTI e CNPq, 1 ago. 2012. 17 p.

BRASIL. MCTI; Financiadora de Estudos e Projetos — Finep. **Chamada pública MCT/Finep/FNDCT — Nanotecnologia — 01/2004.** Chamada pública para elaboração de projetos para desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação com instituições de pesquisa. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 10 ago. 2004a. 9 p.

_____. **Chamada pública MCT/Finep/FNDCT — Nanotecnologia — 01/2004.** Propostas recomendadas. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2004b. 1 p.

_____. **Chamada pública MCT/FINEP/FNDCT — Microeletrônica — 01/2005.** Seleção pública de propostas para apoio financeiro a projetos em microeletrônica e nanoeletrônica. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 13 abr. 2005a. 12 p.

_____. **Chamada pública MCT/FINEP/FNDCT — Microeletrônica — 01/2005.** Resultados aprovados. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2005b. 2 p.

_____. **Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Nanotecnologia — 03/2005.** Seleção pública de propostas para apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação com instituições de pesquisa. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 13 abr. 2005c. 10 p.

_____. **Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Nanotecnologia — 03/2005.** Propostas aprovadas. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2005d. 1 p.

_____. **Chamada Pública MCT/Finep — Subvenção econômica à inovação — 01/2006.** Seleção pública de propostas para apoio financeiro, sob a forma de subvenção econômica prevista na Lei 10.973 de 02/12/2004. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 6 set. 2006a. 12 p.

_____. **Chamada Pública MCT/Finep — Subvenção econômica à inovação — 01/2006.** Projetos aprovados. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2006b. 18 p.

_____. **Seleção Pública MCT/Finep — Subvenção econômica à inovação — 01/2007.** Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2007a. 17 p.

_____. **Seleção Pública MCT/Finep — Subvenção econômica à inovação — 01/2007.** Relatório final. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2007b. 1 p.

_____. **Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Nanotecnologia — 05/2009.** Seleção pública de propostas para apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos, processos e serviços inovadores em nanotecnologia empreendidos em cooperação entre instituições científicas e tecnológicas – ICTs, e empresas. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 4 dez. 2009a. 11 p.

_____. **Relação preliminar dos projetos recomendados na análise de mérito da chamada pública MCT/Finep Ação Transversal — Nanotecnologia — 05/2009**. Rio de Janeiro: MCTI e Finep, 2009b. 3 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES. **Plano Nacional de Pós-Graduação (2005–2010)**. Brasília: CAPES, 2004.

_____. **Programa Nacional de Nanotecnologia**. Brasília: CAPES, 2005. 2 p.

_____. **Edital Rede Nanobiotec-Brasil nº 04/2008**. Instruções para apresentação de projetos ao Programa de Nanobiotecnologia. Brasília: MCTI e Finep, 2008. 20 p.

_____. **Plano Nacional de Pós-graduação 2011–2020**. v. 1. Brasília: CAPES, dez. 2010. p. 20.

_____. **Tabela de Áreas do Conhecimento**. 11 jul. 2012. 28 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde** — Anais. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. p. 53.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência e Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia — DECIT. **Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde** (Série B. Textos Básicos em Saúde). 2 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 44 p.

_____. **Pesquisas estratégicas para o sistema de saúde** (Série B: Textos Básicos de Saúde). Brasília: Ministério da Saúde, 2011. p. 75 e p. 88.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior — MDIC. **Política de Desenvolvimento Produtivo: Balanço de Atividades 2008/2010**. v. 4. Brasília: MDIC, 2011a. p. 39-44.

_____. **Plano Brasil Maior**. Plano 2011-2014. Texto de Referência. Brasília: MDIC, 2011b. p. 20-21.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei do Senado nº 131, de 2010**. Altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contendam informação sobre esse fato. Diário do Senado Federal. 23 mai. 2010. 5 p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS — CGEE. **Consulta Delph em Nanociência e Nanotecnologia — NanoDelphi: Relatório Final**. Brasília: CGEE, 2005. 128 p.

COMISSÃO EUROPEIA. Plataforma Tecnológica Europeia em Nanomedicina — ETPN. **Vision paper and basis for a strategic research agenda for nanomedicine**. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2005. 37 p.

_____. **Strategic Research Agenda**. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, nov. 2006. 45 p.

_____. **Roadmaps in nanomedicine towards 2020**. 20 out. 2009. 58 p.

_____. **Recomendação da Comissão de 18 de Outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial**. Jornal Oficial da União Europeia. L, nº 275, 18 out. 2011. p. 38-41.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Institutos Nacionais da Saúde — NIH. **Nanotechnology at the National Institutes of Health**: Innovative Medical Research at the molecular scale. NIH Publication nº 08-6443. 2009.

SILVA, Cylon Gonçalves; MELO, Lúcia Carvalho Pinto (Coord.). Nanociências e nanotecnologias. In: _____. **Ciência, Tecnologia e Inovação**: desafio para a sociedade brasileira — Livro Verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia / Academia Brasileira de Ciências, 2001. p. 79-82.

WAGNER, Volker; HÜSING, Bärbel; GAISSER, Sibylle. **Nanomedicine**: drivers for development and possible impacts. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2008. 116 p.

Fontes — sites

BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial — ABDI. **Políticas industriais**. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/politica_industrial.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação — MCTI. **Documentos**. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/730/Documentos.html>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq. **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=apresentar>>. Acesso em: 26 abr. 2013a.

_____. **Currículo Lattes**. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=apresentar>>. Acesso em: 26 abr. 2013b.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES. **Áreas de avaliação**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/avaliacao/areas-paginas>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência e Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia — DECIT. **Programa Saúde**. Disponível em: <<http://pesquisasaude.saude.gov.br/bdgdecit/index.php>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior — MDIC. Instituto Nacional da Propriedade Industrial — INPI. **Consulta à base de dados do INPI**. Disponível em: <<http://formulario.inpi.gov.br/MarcaPatente/jsp/servimg/validamagic.jsp?BasePesquisa=Marcas>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Institutos Nacionais da Saúde — NIH. **Overview**. 27 abr. 2012. Disponível em: <<https://commonfund.nih.gov/nanomedicine/overview.aspx>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Administração de Alimentos e Medicamentos — FDA. **Current Nanotechnology Programs at FDA**. Disponível em: <<http://www.fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/ucm309672.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

SCOPUS. **Scopus Database**. Disponível em: <<http://www.scopus.com/home.url>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

GLOSSÁRIO

Nanobiotecnologia — uma das áreas das N&N que compreende a ampla interseção entre as N&N e os sistemas biológicos (veja página 42).

Nanociências e nanotecnologias — área de fronteira do conhecimento científico, tecnológico e de inovação desde o fim do século XIX baseado em propriedades específicas constituídas em nanoestruturas (veja página 14).

Nanoescala — dimensões com cerca de 10 nanômetros a 100 nanômetros (veja Figura 1 na página 13).

Nanomedicina — pesquisa, desenvolvimento e inovação em N&N para fins de aplicação em saúde humana (veja página 38).

ANEXOS

I — Ações de fomento às N&N apoiadas pelo MCTI e seus órgãos: CNPq (2001–2012) e Finep (2004–2009)

As políticas públicas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (N&N) — iniciadas em 2001 — resultaram em amplas ações de fomento que contribuíram para o desenvolvimento da nanomedicina. Na Tabela 14, indicamos como as agências executoras do financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) apoiaram a melhoria de infraestrutura, qualificação de recursos humanos e apoio à cooperação entre empresas e instituições de pesquisa na construção de conhecimentos com vista a sua aplicação econômica. Estes órgãos — Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) — lançavam editais ou chamadas públicas com a indicação de objetivos, prazos e critérios de avaliação do projeto. Os resultados dessas ações em N&N estão sucintamente indicados na Tabela 14. Ressaltamos, todavia, que alguns editais não estavam direcionados exclusivamente para as N&N, de modo que apenas uma fração do valor global foi aplicada em N&N.

Tabela 14 — Ações realizadas pelo MCTI e seus órgãos (CNPq e Finep) para o fomento às N&N

Ano	Editais e chamadas	Descrição	Prazo final	Investimento (R\$)
2001	*	Criação de quatro Redes Nacionais de Nanotecnologia	10/2003	3.000.000,00
	Criação do Instituto do Milênio (MCTI, 2001)	Criação de 17 Institutos do Milênio, dos quais dois pesquisavam as N&N	11/2004	22.468.471,25 (valor global)
2003	Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 (MCTI e CNPq, 2003a, 2003b)	Apoio dos Fundos Setoriais para 33 projetos e 20 redes em N&N	02/2004 (projetos) 11/2005 (redes)	6.652.097,00
	—	Apoio direto às quatro Redes Nacionais de Nanotecnologia por meio do 1º termo aditivo	10/2004	5.000.000,00

Ano	Editais e chamadas	Descrição	Prazo final	Investimento (R\$)
2004	Edital MCT/CNPq nº 012/2004 (MCTI e CNPq, 2004a, 2004b)	13 projetos cooperativos entre institutos de pesquisa e (nove) empresas em pesquisa aplicada na P&D de novos produtos ou processos baseados em N&N	10/2006	3.500.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 013/2004 (MCTI e CNPq, 2004c, 2004d)	5 projetos de estudos sobre os impactos das N&N	10/2006	100.000, 00
	Edital MCT/CNPq/CT-Energia nº 018/2004 (MCTI e CNPq, 2004e, 2004f)	Apoio dos Fundos Setoriais a 22 projetos (em N&N e outras áreas) para aplicações no setor de energia	11/2006	4.115.128,45
	Edital MCT/CNPq nº 021/2004 — RHA-E-Inovação (MCTI e CNPq, 2004g, 2004h, 2004i)	Bolsas para as áreas da PIT-CE, incluindo N&N, para a pesquisa em empresas	11/2006	7.100.000,00 (valor global)
	Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 — 2ª fase (MCTI e CNPq, 2003c)	Apoio dos Fundos Setoriais na consolidação de 20 redes de pesquisa em N&N	09/2006	5.000.000,00
	Chamada pública MCT/Finep/FNDCT — Nanotecnologia — 01/2004 (MCTI e Finep, 2004a, 2004b)	6 projetos de pesquisa cooperativa	11/2006	930.000,00
	—	Apoio direto às quatro Redes Nacionais de Nanotecnologia por meio do 2º termo aditivo	10/2005	1.800.000,00
2005	—	Apoio direto ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)	—	2.000.000,00
	—	Apoio a eventos científicos	—	70.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 01/2005 (MCTI e CNPq, 2005a, 2005b)	Aprovação de 34 Institutos do Milênio, dos quais dois pesquisavam N&N	06/2008	13.500.000,00 (valor global)
	Edital MCT/CNPq nº 28/2005 (MCTI e CNPq, 2005c, 2005d, 2005e)	19 projetos de Jovens Pesquisadores	10/2007	3.000.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 29/2005 (MCTI e CNPq, 2005f, 2005g, 2005h)	10 Redes no Programa BrasilNano	10/2009	12.000.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 31/2005 (MCTI e CNPq, 2005i, 2005j)	5 projetos em cooperação com a França	10/2007	300.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 58/2005 (MCTI e CNPq, 2005k, 2005l)	11 projetos de incubadoras (1ª Chamada)	10/2006	1.000.000,00

Ano	Editais e chamadas	Descrição	Prazo final	Investimento (R\$)
	Chamada pública MCT/FINEP/FNDCT — Microeletrônica — 01/2005 (MCTI e Finep, 2005a, 2005b)	9 projetos (micro e nano)	02/2007	8.000.000,00 (micro e nano)
	Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Nanotecnologia — 03/2005 (MCTI e Finep, 2005c, 2005d)	9 projetos cooperativos entre institutos de pesquisa e empresas, com participação de 8 empresas	07/2007	4.200.000,00
	—	Apoio direto ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)	—	12.000.000,00
	—	Apoio direto ao INMETRO	—	14.000.000,00
	—	Apoio direto ao Laboratório Nacional de Nanotecnologia na Embrapa	—	1.000.000,00
2006	—	Apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	—	4.757.406,88
	Edital MCT/CNPq nº 42/2006 (MCTI e CNPq, 2006a, 2006b)	32 projetos de Jovens Pesquisadores	10/2007	1.800.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 43/2006 (MCTI e CNPq, 2006c, 2006d)	8 Infraestrutura de laboratório (equipamentos multiusuários)	11/2007	3.900.000,00
	Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Subvenção Econômica à Inovação — 01/2006 (MCTI e Finep, 2006a, 2006b)	12 projetos, com participação de 12 empresas	08/2008	15.650.421,00 (valor global)
	—	Apoio à Rede BrasilNano	—	3.600.000,00
2007	Edital MCT/CNPq nº 09/2007 (MCTI e CNPq, 2007a, 2007b)	43 projetos de Jovens Pesquisadores	12/2009	3.400.000,00
	Edital MCT/CNPq nº 10/2007 (MCTI e CNPq, 2007c, 2007d)	10 Infraestrutura de laboratório (equipamentos multiusuários)	12/2009	6.700.000,00
	Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Subvenção Econômica à Inovação — 01/2007 (MCTI e Finep, 2007a, 2007b)	22 projetos, com participação de 22 empresas	10/2009	10.000.000,00 (valor global)
2008	Edital MCT/CNPq nº 62/2008 (MCTI e CNPq, 2008a, 2008b)	175 projetos de Jovens Pesquisadores	2009	16.571.000,00

Ano	Editais e chamadas	Descrição	Prazo final	Investimento (R\$)
	Edital MCT/CNPq nº 70/2008 (MCTI e CNPq, 2008c, 2008d)	Bolsas na pós-graduação para pesquisa nas áreas estratégicas	2010	81.000.000,00 (valor global)
2009	Chamada pública MCT/FINEP/Ação Transversal — Nanotecnologia — 05/2009 (MCTI e Finep, 2009a, 2009b)	12 projetos cooperativos entre institutos de pesquisa e empresas, com participação de 12 empresas	06/2011	15.000.000,00
2010	Edital MCT/CNPq nº 74/2010 (MCTI e CNPq, 2010a, 2010b)	17 redes cooperativas	12/2012	4.920.000,00
	Chamada MCT/CNPq nº 17/2011 (MCTI e CNPq, 2011a)	7 redes cooperativas, sendo 5 em nanotoxicologia e 2 em nanoinstrumentação	11/2014	3.883.709,00
2011	Chamada MCT/CNPq nº 20/2011 (MCTI e CNPq, 2011b)	8 projetos conjuntos entre pesquisadores brasileiros e cubanos em N&N na área de saúde humana	11/2013	950.000,00
	Chamada MCT/CNPq nº 21/2011 (MCTI e CNPq, 2011c)	9 projetos conjuntos entre pesquisadores brasileiros e mexicanos nas amplas áreas das N&N	11/2014	950.000,00
2012	Chamada MCT/CNPq nº 16/2012 (MCTI e CNPq, 2012)	13 projetos Jovens Pesquisadores e 11 projetos de Pesquisadores Seniores em N&N para pesquisa sobre o aumento de escala de produção nas áreas de nanomateriais, nanocompósitos e nanodispositivos	10/2014	5.250.000,00
Total	—	—	—	151.349.341,33 **

Fonte: Adaptado de (MDIC, 2006a) e ABDI (2010b), consultando as referências indicadas nesta tabela. Nota: *Não encontramos o edital. **Excluimos os valores globais, pois incluem outras áreas do conhecimento.

II — Redes de colaboração na publicação de artigos científicos em nanomedicina no Brasil

Na grafo das colaborações em publicação de artigos em nanomedicina (veja Figura 9), os círculos representam um cientista — algumas estão sobrepostas — e as arestas as coautorias na publicação de artigos. Os pesquisadores que produziram mais colaborações foram caracterizados na Tabela 15 (página seguinte) e na Tabela 13 (veja página 76).

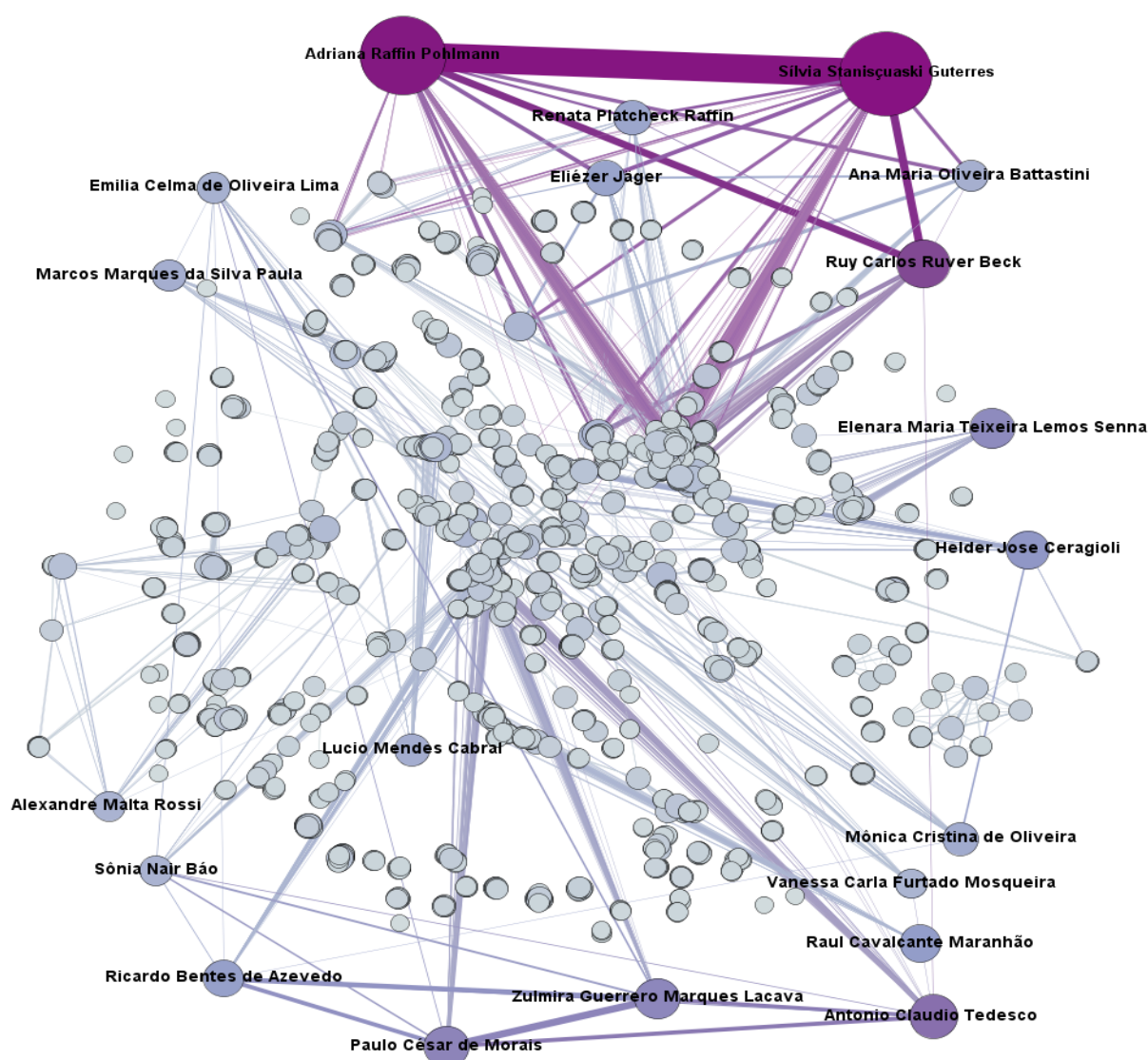


Figura 9 — Rede de colaboração na publicação de artigos científicos de autores brasileiros em nanomedicina (1987-2012)

Fonte: Autoria própria com dados dos currículos Lattes (2013) e *Scopus* (2013). Nota: Grafo gerado com o programa Gephi. Utilizamos as ferramentas de distribuição do Yifan Hu e Force Atlas, depois alteramos a posição dos nós manualmente.

Tabela 15 — Caracterização dos pesquisadores brasileiros com mais colaboração na publicação de artigos em nanomedicina

Pesqui- sador	Insti- tuição	Local	Graduação	Área do dou- torado	Ano de dou- torado	Grau	Artigo	Patente
Helder José Ceragioli	Universi- dade Estadual de Campinas	Campinas — SP	Engenharia química	Enge- nharia elétrica	2001	53	2 de 48 artigos (4,2%)	1 de 7 patentes (14,3%)
Raul Caval- cante Maranhão	Universi- dade de São Paulo	São Paulo — SP	Medicina	Fisiologia	1981	50	14 de 164 artigos (8,5%)	nenhuma patente
Sílvia Stanis- çuaski Guterres	Universi- dade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	Farmácia	Farmácia	1995	163	74 de 154 artigos (48,1%)	4 de 6 patentes (66,7%)
Paulo César de Morais	Universi- dade de Brasília	Brasília — DF	Física	Física	1986	59	22 de 344 artigos (6,4%)	3 de 7 patentes (42,9%)
Ricardo Bentes de Azevedo	Universi- dade de Brasília	Brasília — DF	Bio- medicina	Biologia geral	1997	48	22 de 110 artigos (20%)	2 de 4 patentes (50%)
Sônia Nair Báo	Universi- dade de Brasília	Brasília — DF	Ciências biológicas	Biofísica	1992	32	7 de 194 artigos (3,6%)	nenhuma patente
Ana Maria Oliveira Battastini	Universi- dade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	Farmácia	Farmácia	1996	35	9 de 133 artigos (6,8%)	nenhuma patente
Zulmira Guerrero Marques Lacava	Universi- dade de Brasília	Brasília — DF	Ciências biológicas	Imuno- logia	1991	58	23 de 73 artigos (31,5%)	1 de 3 patentes (33,3%)
Antonio Claudio Tedesco	Universi- dade de São Paulo	São Carlos — SP	Química	Química	1992	65	26 de 171 artigos (15,2%)	14 de 15 patentes (93,3%)
Alexandre Malta Rossi	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Rio de Janeiro — RJ	*	Física	1987	32	8 de 148 artigos (5,4%)	0 de 4 patentes (0)
Emilia Celma de Oliveira Lima	Universi- dade Federal de Goiás	Goiânia — GO	Química	Química	1995	34	6 de 51 artigos (11,8%)	1 de 6 patentes (16,7%)

Pesqui- sador	Insti- tuição	Local	Graduação	Área do dou- torado	Ano de dou- torado	Grau	Artigo	Patente
Adriana Raffin Pohlmann	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	Farmácia	Química	1997	149	70 de 129 artigos (54,3%)	4 de 4 patentes (100%)
Mônica Cristina de Oliveira	Universidade Federal de Minas Gerais	Belo Horizonte — MG	Farmácia	Farmácia	1999	39	8 de 57 artigos (14%)	0 de 8 patentes (0)
Vanessa Carla Furtado Mosqueira	Universidade Federal de Ouro Preto	Ouro Preto — MG	Farmácia	Farmácia	2000	30	13 de 26 artigos (50%)	3 de 3 patentes (100%)
Elenara Maria Teixeira Lemos Senna	Universidade Federal de Santa Catarina	Florianópolis — SC	Farmácia	Farmácia	1998	57	16 de 37 artigos (43,2%)	nenhuma patente
Lucio Mendes Cabral	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro — RJ	Farmácia	Farmácia	1996	37	7 de 76 artigos (9,2%)	nenhuma patente
Ruy Carlos Ruver Beck	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	Farmácia	Farmácia	2005	76	26 de 47 artigos (55,3%)	nenhuma patente
Marcos Marques da Silva Paula	Universidade do Extremo Sul Catarinense	Criciúma — SC	Química	Química	1999	36	5 de 55 artigos (9,1%)	0 de 4 patentes (0)
Renata Platcheck Raffin	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Porto Alegre — RS	Farmácia	Farmácia	2007	43	10 de 31 artigos (32,3%)	nenhuma patente
Eliézer Jäger	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Brasília — DF	Farmácia	Farmácia	**	45	11 de 16 artigos (68,8%)	nenhuma patente

Fonte: Autoria própria com dados do currículo Lattes (2013), *Scopus* (2013) e INPI (2013). Nota: *Não divulgado. **Sem dados.