

5 Nanociência e nanotecnologia no Brasil

Este capítulo apresenta o contexto político-institucional da nanociência e da nanotecnologia no Brasil, como pano de fundo para a proposta de um modelo analítico-prospectivo para a construção de indicadores nacionais e *roadmaps* estratégicos referentes às atividades de metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no País. Apresenta o Programa Mobilizador de Nanotecnologia que integra a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), lançada em 2008. No âmbito da PDP, destaca quatro grupos de trabalho (GT), que foram constituídos segundo o escopo de atuação do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia: (i) GT Marco Regulatório; (ii) GT Mercado, (iii) GT Cooperação Internacional; e (iv) GT Formação de Recursos Humanos. Finalmente, situa a proposta na cadeia da Tecnologia Industrial Básica (TIB), segundo a perspectiva do desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil.

A percepção de que a nanociência e a nanotecnologia representam um novo patamar de conhecimento, com imensos e ainda não devidamente mensurados impactos científicos e econômicos, levou os países líderes, como os EUA, Japão e membros da Comunidade Européia, a desenharem iniciativas nacionais ou regionais de incentivo e de financiamento privilegiado para essas áreas (Galembeck, 2004). Conforme apresentado no capítulo 4, países como China e Índia, integrantes dos BRICs, e outros países emergentes, como Taiwan, México, Chile, Argentina e Brasil, já vislumbraram as oportunidades comerciais e de desenvolvimento socioeconômico esperadas com os avanços da nanotecnologia.

Nesse sentido, Santos (2008) ressalta que o Brasil apresenta cenários positivos para aproveitar e explorar essas oportunidades, já que o país, provavelmente, possui a maior infraestrutura para o desenvolvimento da nanotecnologia da América Latina. Devido ao grande número de instituições envolvidas neste processo, é o país com maior número de especialistas nas diversas áreas que compõem este novo ramo de pesquisa, bem como é o país com maior envergadura e diversidade econômica.

Kay e Shapira (2009) corroboram esse argumento, reconhecendo que o Brasil é líder nos desenvolvimentos em nanotecnologia na América Latina, ainda que notem a baixa atividade patentária e de inovação no país.

Embora o Brasil já apresente no mercado uma grande gama de produtos nanomanufaturados e uma riqueza de linhas de pesquisas relacionadas à nanociência e à nanotecnologia, principalmente no âmbito acadêmico, ainda existe ausência de fatores determinantes para que o país firme uma posição confiável e constante nesses campos (Arcuri et al, 2008).

5.1. Breve histórico

A primeira iniciativa do governo brasileiro em relação ao desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia ocorreu no ano de 1987, por parte do CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) mediante investimentos em equipamentos específicos para semicondutores. Nesta época, o termo nanotecnologia ainda era pouco usado nos setores do governo, da academia e da indústria.

No ano de 2001, durante o governo do então presidente americano Bill Clinton, oficializou-se a concepção de uma instituição própria para a pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia, com a criação da National Nanotechnology Initiative (NNI). Essa iniciativa foi abordada no capítulo 4, particularmente na seção 4.3 (item 4.3.3).

A criação da NNI dos EUA foi considerada de grande importância pelo governo brasileiro, para que se definisse uma estratégia ou uma agenda nacional voltada para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia no Brasil. Desde então, o governo começa a enfatizar essas áreas, tendo em vista as oportunidades potenciais que as mesmas poderiam proporcionar à nação no médio e longo prazos.

O primeiro edital específico sobre nanotecnologia foi lançado em 2001 e resultou na formação de quatro Redes Cooperativas de Pesquisa, a saber: *(i)* Materiais Nanoestruturados, sediada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); *(ii)* Nanotecnologia Molecular e de Interfaces, sediada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); *(iii)* Nanobiotecnologia, sediada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); e *(iv)* Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados, também sediada na UFPE.

Nesse sentido, o orçamento do Plano Plurianual 2000-2003 (PPA 2000-2003) do governo federal contemplou a inserção de ações relativas à

nanotecnologia, que mais adiante foram consolidadas em um programa único, dando origem ao Programa 1110 – Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Já em 2005, houve um novo direcionamento para esta área que resultou no lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN), em agosto de 2005. Nesse Programa, reuniam-se recursos advindos do Plano Plurianual 2004-2007 (PPA 2004-2007) e dos Fundos Setoriais. O objetivo principal deste Programa foi atender às demandas estratégicas identificadas pela comunidade envolvida com o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia e colocar em prática um dos objetivos da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), referente a atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia e energias renováveis).

Desde sua criação, o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN) encontra-se sob a gestão da Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias – CGNT do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Inicialmente, o escopo do PNN compreendia cinco ações, que depois foram reagrupadas em quatro ações, a saber: *(i)* apoio a redes e laboratórios de nanotecnologia; *(ii)* implantação de laboratórios e redes de micro e de nanotecnologia; *(iii)* fomento a projetos de pesquisa e desenvolvimento em micro e nanotecnologia; e *(iv)* fomento a projetos institucionais de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), na publicação intitulada “Visão de Futuro da Nanotecnologia no Brasil: 2008 – 2025”, destacam que, após a implantação do PNN, os investimentos direcionados para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia do ano ultrapassaram R\$70 milhões, considerando o período de 2005 até o 1º semestre de 2006. Também nesse mesmo período, foram criadas 10 novas redes de pesquisa e disponibilizados recursos para o fortalecimento de três laboratórios estratégicos em nanotecnologia (ABDI/CGEE, 2008).

A título de ilustração, citam-se: a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF); a criação do Centro Estratégico de Tecnologia do Nordeste (CETENE); o estabelecimento do Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina na área de Nanotecnologia; e a criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN). Ainda dentro do escopo do PNN, foi inaugurado uma avançada unidade de pesquisa na área de ciência, tecnologia e inovação em nanociência e nanotecnologia. Trata-se do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, construído no campus do Laboratório Nacional de

Luz Síncrotron (LNLS), instituição de pesquisa do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

O Quadro 5.1 apresenta os marcos institucionais do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, com base em informações do MDIC.

Quadro 5.1 – Marcos institucionais do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil

Ano	Marcos institucionais
2000	Reunião seminal do CNPq/MCT sobre o desenvolvimento futuro da N&N no país.
2001	Criadas quatro redes de nanotecnologia CNPq/MCT e apoiados quatro Institutos do Milênio na área.
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia. Atualmente Coordenação de Micro e Nanotecnologias.
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia. Atualmente Coordenação de Micro e Nanotecnologias.
2004	Início do Programa Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia no âmbito do PPA – 2007
2004	Criado do GT para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e nanotecnologia;
2004	Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais.
2004	Instituída a Rede BrasilNano e seu Comitê Diretor.
2005	Designados os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano.
2005	Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN).
2005	Assinado o Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina criando o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN).
2005	Selecionadas 10 Redes Nacionais de Nanotecnologia, com atuação prevista para o período 2006-2009.
2007	Lançamento do Plano de Ação em C&T&I - PACTI, cujas ações são executadas de forma articulada e coordenada por diversos Ministérios, tendo à frente o Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT
2008	Inauguração do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, construído no campus do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em março de 2008
2008	Lançamento pelo Governo Federal da Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP em maio de 2008. Integra a PDP o Programa Mobilizador em Nanotecnologia, cuja gestão está a cargo do MCT.
2009	Lançamento do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia como ferramenta estratégica de apoio às iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP. Criação de quatro Grupos de Trabalho (GT):

Fonte: MDIC, 2010.

5.2. Política de Desenvolvimento Produtivo e o Programa Mobilizador em Nanotecnologia

Já no ano de 2008, foi lançada pelo governo federal a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). No intuito de dar seqüência aos ganhos obtidos no âmbito do programa PITCE e adicionar esforços para a continuidade

do crescimento sustentável da economia brasileira, em outras palavras o objetivo central da PDP é dar sustentabilidade ao atual ciclo de expansão, superando os desafios de: *(i)* ampliar a capacidade da oferta nacional; preservar a robustez do balanço de pagamentos; *(ii)* elevar a capacidade de inovação; e *(iii)* fortalecer as MPEs.

A PDP deverá potencializar as conquistas alcançadas em cinco direções principais, a saber: *(i)* focalização de metas específicas e adequadas ao atual estágio de desenvolvimento da economia brasileira; *(ii)* proposição de iniciativas e programas que reconhecem a diversidade e a complexidade da estrutura produtiva do país; *(iii)* construção de alianças público-privadas; *(iv)* incorporação de mecanismos aptos a assegurar sua implementação eficiente ao longo do tempo; e *(v)* construção de uma estrutura de governança que defina responsabilidades pela execução e gestão de cada programa e indique a necessidade de fortalecer mecanismos de coordenação intra-governamental.

Vale destacar que, de acordo com a configuração de cada programa proposto pela PDP, os recursos e instrumentos disponíveis foram respectivamente adequados às especificidades de cada programa. Em alguns programas, o foco está na criação de incentivos ao investimento fixo; já em outros a ênfase recai no estímulo ao comportamento inovador; e em outros, no fomento ao adensamento de cadeias produtivas.

Definiram-se, assim, três categorias de programas: *(i)* programas mobilizadores em áreas estratégicas; *(ii)* programas para fortalecer a competitividade focados na ajuda aos setores da economia brasileira com potencial de desenvolvimento e crescimento; e *(iii)* programas para consolidar e expandir a liderança de setores onde o Brasil já é forte internacionalmente.

A Figura 5.1 representa esquematicamente a PDP, mostrando de forma sistêmica os elementos fundamentais dessa Política, com destaque para os Programas Mobilizadores em Áreas Estratégicas. São alvos desses Programas a nanotecnologia, as tecnologias de informação e comunicação (TIC), a biotecnologia, o complexo industrial da defesa; o complexo industrial da energia nuclear e o complexo industrial da saúde.

Para fins da presente dissertação, descreve-se um pouco mais o Programa Mobilizador em Nanotecnologia. Esse Programa objetiva: *(i)* desenvolver nichos de mercado com potencial de competitividade em materiais, eletrônicos, médico e farmacêutico, equipamentos e ferramentas e tecidos nanoestruturados; e *(ii)* ampliar o acesso da indústria aos desenvolvimentos da nanotecnologia.



Figura 5.1 – Política de Desenvolvimento Produtivo em três níveis
Fonte: MDIC, 2009.

Destacam-se no Programa quatro desafios: (i) incentivo a empresas de base tecnológica; (ii) expansão da formação de recursos humanos especializados; (iii) atração de investimentos em P&D; e (iv) adequação do marco regulatório.

A fim de alcançar os objetivos do Programa e fazer frente aos desafios acima, desdobrou-se no âmbito da PDP um conjunto de ações e medidas e respectivos responsáveis, como mostrado no Quadro 5.2. Vale ressaltar que a ação “Marco legal e normativo para a nanotecnologia no Brasil” associa-se diretamente ao tema da presente dissertação - metrologia, normalização e regulação dos nanomateriais no Brasil.

Colaborando com as medidas acima expostas e em atendimento à determinação da Presidência da República, mais recentemente, em novembro de 2009, foi lançado o Fórum de Competitividade de Nanotecnologia como ferramenta estratégica para apoiar a discussão e o encaminhamento de iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP.

O Fórum tem como finalidade aumentar a competitividade do país no mercado mundial por meio da articulação entre as necessidades do setor privado - formado por representantes do meio empresarial e dos trabalhadores - do setor governamental e da academia. O Fórum busca o consenso em torno de

oportunidades e desafios, definindo metas e ações voltadas para uma nova política industrial de desenvolvimento da produção (MDIC, 2010).

Quadro 5.2 – Ações e medidas do Programa Mobilizador em Nanotecnologia

Ações	Medidas	Responsáveis
Identificação de oportunidades	Criação de Grupo de trabalho, com especialistas e setor privado, para seleção de produto ou família de produtos finais passíveis de fabricação no Brasil	MDIC, MCT, ABDI, MS e MA
Apoio financeiro e capitalização:	Financiamento e capitalização para formação, diversificação ou ampliação da capacidade instalada de empresas, SPEs, consórcios e/ou <i>joint-ventures</i> , com ênfase nos produtos selecionados no GT.	MDIC/MCT MC/FINEP BNDES/ABDI
	Estruturação e capitalização de Fundos de Investimento em Participações (FIPs) Estruturação de Fundos de Investimento em Direitos Creditórios FIDCs: capitalização da rede de fornecedores de componentes e favorecer a articulação entre oferta e demanda de componentes, partes e peças	BNDES e Mercado de Capitais
Divulgação, atração de P&D e promoção comercial	Desenvolver programas para divulgação e sensibilização para o potencial em agregação de valor pela indústria e para técnicos e gestores públicos	ABDI, MDIC, MCT e INPI
	Divulgar produtos, patentes e soluções tecnológicas das ICTs e empresas brasileiras no exterior	APEX, MRE e INPI
	Articular e promover as competências brasileiras, bem como apoiar a instalação de centros de P&D no Brasil (empresas nacionais e estrangeiras)	ABDI e Casa Civil
Marco legal e normativo	Criar Grupo de Trabalho para investigar questões de risco e impactos no trabalho e ambiental para nanotecnologia e suas implicações legais.	ABDI e CNI
	Criar Grupo de Trabalho para investigar as implicações da nanotecnologia sobre normas de propriedade intelectual, metrologia, normalização e certificação.	INMETRO, ABNT/INPI e ANVISA

Fonte: Elaboração própria, a partir de MDIC (2010).

Nesse ambiente institucional, foram constituídos quatro grupos de trabalho (GT), a saber: (i) GT Marco Regulatório; (ii) GT Mercado; (iii) GT Cooperação Internacional; e (iv) GT Formação de Recursos Humanos. As atribuições de cada GT e as proposições encaminhadas até o momento encontram-se atualizadas na

página do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, no endereço: <http://www.mdic.gov.br>.

5.3.

Fórum de Competitividade em Nanotecnologia: recomendações dos Grupos de Trabalho

Os resultados das análises de dois grupos em especial o GT Mercado e o GT Marco Regulatório são relevantes para contextualizar a proposta do modelo analítico objeto da presente pesquisa, que será apresentado no capítulo 6.

As recomendações do GT Mercado visando à consolidação de setores produtivos com inovações baseadas em nanotecnologias são as seguintes:

- é necessária uma forma de coordenação e promoção integrada de nanotecnologia no país, fomentando inclusive associações de empresas envolvidas no tema;
- foi constituído um conjunto de Laboratórios Nacionais de Nanotecnologia com modelos individuais de governança, que inclui *sine qua non* a oferta de acesso a outros grupos de pesquisa e ao setor privado. Deve-se estabelecer uma ação de divulgação que permita conscientizar empresas privadas e outros parceiros da disponibilidade deste investimento e das formas de acesso para os vários usuários;
- deve-se fazer um levantamento da disponibilidade de estrutura (laboratórios, equipamentos, etc) no Brasil, incluindo outros além dos laboratórios nacionais citados acima;
- deve-se empenhar maiores esforços na busca da superação de entraves jurídicos na formação de parcerias público-privadas em nanotecnologia. A Legislação federal precisa ser diferenciada para facilitar parcerias com foco em inovação, especialmente neste setor;
- deve-se incentivar fortemente a mudança nos formatos de negociação de propriedade intelectual em nanotecnologia mudando o foco exclusivo na propriedade para a participação nos resultados financeiros do produto.
- o uso do poder de compra do Estado deve ser utilizado como incentivo para empresas em nanotecnologia. É necessário divulgar a possibilidade de uso do poder de compra do Estado neste sentido, e estabelecer iniciativas para facilitar o acesso a essas ferramentas, como suporte a composição de planos de negócios;

- é necessário um trabalho específico para identificar quais setores tem reais condições de colocar produtos em nanotecnologia no mercado, identificando principalmente os exportadores, e quais são os gargalos específicos de cada;
- deve-se manter e incentivar iniciativas regulares de subvenção pública em nanotecnologia;
- deve-se incentivar estudos sobre impacto econômico do uso de nanotecnologias em diferentes setores complementares, envolvendo competências técnicas da área de economia e administração de empresas; devem ser feitas iniciativas como workshops conjuntos entre pessoal de área técnica e administrativa, projetos transdisciplinares, estudos de viabilidade técnico-econômica, entre outros;
- É necessário incentivar a participação de agentes de mercado brasileiros em nanotecnologia em fóruns internacionais com objetivos à regulação, e especialmente buscar maior integração e participação no Comitê Técnico ISO 229, que trata da normalização internacional em nanotecnologia;
- É necessário promover eventos regulares de integração entre possíveis agentes do setor produtivo, órgãos financiadores e comunidade científica para fomentar novas parcerias, como *workshops* e rodadas de negócios.

No que se refere aos resultados do GT Marco Regulatório, foram identificados os seguintes pontos de atenção e gargalos:

- levantamento de questões a serem enfrentadas pelo INPI para otimizar o atual processo de registro de patentes;
- necessidade de desenvolvimento de ações de formação em nanotecnologia específicas para os quadros técnicos das agências reguladoras e órgãos de certificação e acreditação;
- necessidade de criação de uma rede de laboratórios acreditados que possam avaliar produtos nanotecnológicos;
- uso e suficiência de legislação já existente para produtos químicos para suprir as necessidades de regulação em Nano.
- necessidade de desenvolvimento de legislação que dê autonomia ao Brasil em relação à legislação estrangeira para produtos nanotecnológicos.
- apresentação de algoritmo desenvolvido para classificar produtos nanotecnológicos em futuros registros.

O GT Marco Regulatório apresentou, em abril de 2010, treze sugestões relativas à regulação de nanotecnologias, como base em diagnóstico realizado pelo grupo. São elas:

- inclusão da Agenda Nanotecnológica nos diversos órgãos reguladores, contemplando a discussão técnica com representantes dos diferentes atores;
- proposição do estabelecimento de Rede de Laboratórios acreditados pelo INMETRO para análise de qualidade de produtos nanotecnológicos de uso industrial e de uso final;
- o estabelecimento do marco regulatório deverá classificar tamanho de partículas (granulometria), via de contato e diferenciar nanopartículas compostas de materiais insolúveis das nanopartículas de materiais solúveis, assim como diferenciar as nanopartículas esféricas das nanopartículas fibrosas, incluindo a avaliação de: (i) qualidade; (ii) saúde do consumidor; (iii) meio ambiente; e (iv) saúde do trabalhador;
- integração do Brasil com redes internacionais deve levar em conta aspectos regulatórios e proteção intelectual (Agências e INPI);
- promoção de interface com outros Fóruns de Competitividade da PDP que contemplem a inserção de uma etapa de obtenção de produto para uso industrial de base nanotecnológica na sua cadeia produtiva;
- divulgação pública via Estado das questões sobre Nanotecnologia para integração da sociedade na discussão dos marcos regulatórios;
- necessidade de identificação de eventuais barreiras não tarifárias impostas por outros países (em articulação com o GT Cooperação Internacional);
- o marco regulatório deverá possibilitar a justificativa de custo pela inserção de nova etapa na cadeia produtiva;
- o marco regulatório não deverá dificultar a inovação, mas qualificará os produtos nanotecnológicos;
- a legislação para registro de produtos nanotecnológicos não deveria ser específica, mas incluída na legislação do setor econômico ao qual pertence, guardadas as particularidades específicas do setor;
- necessidade de qualificar pessoal técnico da Vigilância Sanitária dos estados pela ANVISA. Desta forma, poder-se-ia sugerir um Curso de Capacitação para os técnicos da ANVISA pelo estabelecimento de Convênios com as Universidades;

- necessidade de uma ação de Governo para aparatar as Agências Nacionais de Rede de Laboratórios de apoio, a exemplo da ANP e o Programa Nacional do Monitoramento de Qualidade de Combustíveis e da ANVISA e a Rede Brasileira de Laboratórios Analítico-Certificadores em Saúde;
- promoção da inovação em nanotecnologia pelo Sistema Nacional de Tecnologia (SIBRATEC), segundo seus três eixos: (i) inovação, com aplicação de recursos que se voltem para a parceria dos institutos com o setor industrial; (ii) serviços tecnológicos, especialmente voltado para a questão da metrologia com ampliação da cadeia metrológica brasileira; e (iii) extensionismo, voltado para o processo de gestão para a inovação.

5.4.

Tecnologia Industrial Básica para o desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil

O conceito de Tecnologia Industrial Básica congrega funções consideradas básicas, como a metrologia, normalização, incluindo regulamentação técnica, avaliação da conformidade e seus mecanismos (ensaios, certificação, etiquetagem e outros procedimentos de autorização) e também as chamadas funções conexas com a TIB, mais especificamente a propriedade intelectual, a informação tecnológica e as tecnologias de gestão.

O Brasil investiu por mais de 30 anos na consolidação e melhoria das funções básicas da TIB. Não obstante os importantes investimentos do Programa de Tecnologia Industrial do Ministério de Ciência e Tecnologia, de 2005, ressalta-se que as prioridades e focos mudam de acordo com os próprios avanços tecnológicos, as mudanças de paradigma tecno-científico e as conjunturas econômicas do país e do mundo. Além desses fatores, os investimentos públicos e privados devem ser mantidos para que se consolide e modernize essa infraestrutura tecnológica para os desafios impostos pelo paradigma tecno-científico da nanotecnologia.

A Figura 5.2 representa uma visão sistêmica das funções integradas da TIB e os elementos que compõem a infraestrutura tecnológica nacional, destacando as funções que serão objeto da modelagem desenvolvida no âmbito desta pesquisa. São elas: nanometrologia, nanoregulamentação e normalização em nanotecnologia.

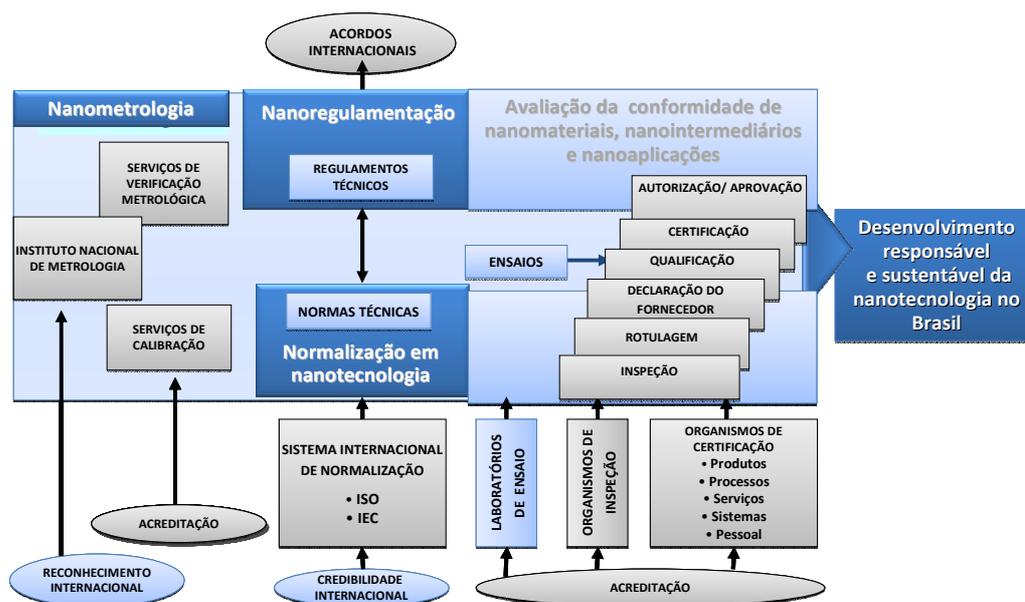


Figura 5.2 – Tecnologia Industrial Básica (TIB) para o desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil

Fonte: Adaptado de: Brasil, MCT (2001).

No contexto do desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil, em especial de nanomateriais, reconhece-se que um dos grandes desafios atuais no país é ampliar o acesso das empresas e demais partes interessadas à infraestrutura metroológica e de normalização existente (e a desenvolver), além de estabelecer um marco regulatório consistente para essa área.

A metrologia legal é parte da metrologia relacionada às atividades resultantes de exigências obrigatórias, referentes às medições, unidades de medida, instrumentos e métodos de medição, que são desenvolvidas por organismos competentes. Tem como objetivo principal proteger o consumidor tratando das unidades de medida, métodos e instrumentos de medição, de acordo com as exigências técnicas e legais obrigatórias aplicáveis (INMETRO, 2010).

No Brasil, as atividades da metrologia legal em nanotecnologia são uma atribuição do INMETRO, que também participa do esforço mundial de assegurar a uniformidade dos sistemas de medição. Para garantir tais propósitos, trabalha em sintonia com as diretrizes da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML).

O papel da metrologia assume proporções cada vez maiores nas áreas da nanociência e da nanotecnologia, como discutido no capítulo 4. Tanto pela sua interação com os processos industriais, mas, também, por interferir diretamente em processos políticos e sociais. Propicia ao país melhoria contínua da qualidade dos padrões de vida do cidadão, do desenvolvimento do comércio interno e externo, saúde, segurança, educação e proteção ao meio ambiente, constituindo-se inclusive em pré-condição para qualquer atividade de desenvolvimento de nanociência e nanotecnologia.

No que tange à segunda função, as normas em nanotecnologia devem ser confiáveis o suficiente para sua adoção no país, porém satisfatoriamente flexíveis para todas as adaptações exigíveis pela sua característica multidisciplinar e multisetorial. É por meio da normalização que os fundamentos para a regulação poderão ser concretizados e disponibilizados: as normas, que são de caráter voluntário, alimentam e sustentam a estrutura de regulamentações técnicas, essas de caráter compulsório.

Boa regulamentação técnica, implementada de forma flexível, coerente e proporcional aos objetivos legítimos pretendidos é uma ferramenta importantíssima para alavancar o desenvolvimento e o progresso técnico da nanotecnologia no país. Nessa perspectiva, a adoção de boas práticas de regulamentação proporcionará benefícios para a sua implementação, para a eficácia e eficiência da atuação do Estado no cumprimento dos seus objetivos legítimos nesse campo. Promoverá também a cidadania, o progresso econômico e a minimização dos impactos ambientais, sociais e econômicos da regulamentação técnica (Conmetro, 2007).

Importante destacar na Figura 5.2, a conexão da cadeia da TIB da nanotecnologia no Brasil com o Sistema Internacional de Normalização (ISO e IEC). Conforme a International Organization for Standardization (ISO), a normalização no campo das nanotecnologias deve incluir em seu escopo: (i) entendimento e controle de matérias e processos em escala nanométrica, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros, em uma ou mais dimensões, na quais o surgimento de fenômenos dependentes do tamanho usualmente propicia novas aplicações; e (ii) a utilização das propriedades de materiais em escala nanométrica que diferem das propriedades dos átomos individuais, moléculas e matéria (*bulk matter*) para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que explorem estas novas propriedades.

Em nível nacional, destaca-se a Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia ABNT/CEE-89, criada pela ABNT, em 2007, após sua

participação em uma reunião plenária do Comitê Técnico ISO 229, organizada pela International Organization for Standardization (ISO). Na ocasião, foram coletadas informações relevantes para os trabalhos da Comissão brasileira, cuja atuação, por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia, seria de um comitê-espelho alinhado com o processo de normalização internacional nesse campo. Como resultado dessa participação da ABNT, o Brasil enviou comentários ao ISO/TMB sobre o Plano de Ação do Comitê, propondo ajustes na sua estruturação, e a instituição brasileira foi convidada a ser a anfitriã da Reunião Plenária do Comitê Técnico ISO/TC 229 em 2010 (ABDI/CGEE, 2008).

Como Comitê-espelho do ISO/TC 229, a Comissão brasileira poderá assegurar a participação do Brasil naquele fórum e reunir importantes subsídios para a elaboração de normas que o país necessita para a aplicação industrial responsável de nanotecnologias. Nessa condição, o escopo de atuação da Comissão brasileira é o mesmo enunciado pelo Comitê Técnico ISO 229, descrito anteriormente no capítulo 4 – seção 4.2 (item 4.2.1).

A ABNT convidou empresas, representantes do governo e de algumas das mais importantes universidades do país para participarem da Comissão, mas, infelizmente, os trabalhos não têm avançado conforme as expectativas dessa instituição (ABDI/CGEE, 2008).

Com relação à regulamentação em nanotecnologia, foram apresentadas este ano treze sugestões relativas à regulação de nanotecnologias, com base em diagnóstico realizado pelo GT Marco Regulatório (Ver seção 5.3).

Pela posição que ocupam a jusante na cadeia da TIB, as três funções – nanometrologia, nanoregulamentação e normalização em metrologia – são impulsionadoras chave do desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil, mobilizando diversos atores da cadeia como o INMETRO, laboratórios de verificação metrológica e de calibração, o Comitê de Nanotecnologia da ABNT, como espelho do Comitê Técnico ISO 229, as empresas, associações, universidades, instituições de C&T (ICT) e os órgãos governamentais que atuam tanto na promoção do desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia, quanto na regulação associada aos produtos e insumos baseados em nanotecnologias (Ver Quadro 5.2).

5.5. Considerações finais sobre o capítulo

O contexto político-institucional da nanociência e da nanotecnologia no Brasil foi aqui apresentado de forma muito resumida, apenas para mostrar a

relevância e a oportunidade de se propor um modelo analítico-prospectivo para a construção de indicadores nacionais e *roadmaps* estratégicos referentes às atividades de metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no país.

As recomendações do GT Mercado e do GT Marco Regulatório contribuíram de forma significativa para adequar conteúdos selecionados dos referenciais externos ao se definirem os componentes do modelo analítico-prospectivo para a realidade brasileira.

Discutiu-se o papel das funções de nanometrologia, nanoregulamentação e normalização em nanotecnologia no contexto da cadeia da Tecnologia Industrial Básica (TIB), buscando-se mostrar que essas três funções são impulsionadoras chave do desenvolvimento responsável e sustentável da nanotecnologia no Brasil, pela sua própria posição a jusante da cadeia e pelas interrelações com os demais componentes mostrados na Figura 5.2.

De fato, as medições em escala nano estão na raiz do surgimento das inovações baseadas em nanotecnologias, permitindo organizar a sociedade obter conhecimento e informação sobre os produtos ofertados e insumos utilizados e consumi-los de forma consciente e com maior segurança. Desta forma, a qualidade das medições e a confiança nelas depositadas exigem uma disciplina do conhecimento especificamente voltada a estas questões, no caso a nanometrologia e seus ramos, como a metrologia nanodimensional, a nanoquímica e a nanomecânica, para citar alguns exemplos.

Um sistema de medição único e confiável no país é essencial e constitui pré-requisito para atendimento das demandas da indústria, do comércio e dos meio acadêmico e científico frente às incertezas e desafios impostos pelo paradigma tecno-científico da nanotecnologia.