



METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E REGULAÇÃO DE NANOMATERIAIS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL INTEGRADA

Ana Gimenez Ledesma¹, Maria Fatima Ludovico de Almeida², Fernando Lázaro Freire Jr.³

¹ PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, anagimnz@yahoo.com

² PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, fatima.ludovico@gmail.com

³ PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, lazaro.puc@gmail.com

Abstract: The main objective of this paper is to propose an analytical-prospective model as a tool to support decision-making processes concerning metrology, standardization and regulation of nanomaterials in Brazil, based on international references and ongoing initiatives in the world. The main results can be summarized as follows: (i) an overview of international studies on metrology, standardization and regulation of nanomaterials, and nanoparticles, in special; (ii) the analytical-prospective model; and (iii) the survey questionnaire and the roadmapping tool.

Key words: Metrology, standardization; regulation; nanotechnology; nanomaterials.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novos paradigmas científicos e tecnológicos, como é o caso da nanotecnologia, abre oportunidades inúmeras de reestruturação dos sistemas produtivos e dos padrões de competências e conhecimentos especializados em âmbito mundial. A nanotecnologia tem sido considerada como um “potencializador” das propriedades já existentes no material manipulado em escala nanométrica. Em função do complexo contexto imposto por esta nova perspectiva tecnológica, evidenciam-se grandes incertezas com relação aos riscos inerentes aos produtos manipulados em escala nanométrica; uma vez que as propriedades físicas e químicas não se mantêm estáveis nesta escala. Todavia, ainda permanece um alto grau de controvérsia entre os especialistas, no que diz respeito ao aumento ou à diminuição dos riscos relacionados ao tamanho das partículas, bem como às propriedades da superfície de materiais nanomanipulados.

Partindo-se desse pressuposto, o conhecimento técnico sobre as alterações físicas e químicas sofridas pelo material nanomanipulado é de extrema relevância, visto que, somente com o entendimento pleno das mudanças de comportamento dessas propriedades torna-se possível um controle e, por conseguinte, um desenvolvimento integrado e responsável em escala nano. Por conseguinte, quatro aspectos tornam-se fundamentais para uma “gestão responsável e prudente” da fabricação e comercialização de materiais e produtos nanomanipulados, a saber: terminologia, caracterização, medição e controle desses novos materiais.

Em relação aos aspectos de caracterização e medição de materiais em escala nanométrica, entende-se que ambos são da abrangência da metrologia. Destacam-se nesse escopo: (i) a metrologia nanodimensional que compreende a medição de dimensões críticas em nanoescala, em particular de nanoestruturas, filmes e revestimentos; (ii) a metrologia nanoquímica que consiste da medição das composições químicas com resolução em nanoescala; (iii) a metrologia nanomecânica que compreende a medição de propriedades mecânicas de nanomateriais, como por exemplo, dureza, resistência à abrasão; elasticidade, incluindo nanotribologia; e (iv) metrologia aplicada a nanomateriais estruturados em camadas, nanopulverizados ou dispersos em matriz, incluindo as nanopartículas.

Em paralelo ao crescimento esperado de novos produtos e tecnologias baseados em nanotecnologia, emergem as preocupações sobre os riscos potenciais delas decorrentes, em particular aos trabalhadores, pela sua exposição aos riscos em ambientes operacionais, e aos consumidores pelo desconhecimento dos riscos à segurança, à saúde humana e animal e à preservação ambiental. Por esses e outros motivos, iniciativas de normalização e de regulamentação no contexto das nanotecnologias ganham importância a cada momento. Buscam assegurar à sociedade que o desenvolvimento industrial de aplicações baseadas em nanotecnologias seja conduzido futuramente de acordo com marcos seguros, responsáveis e sustentáveis. Destacam-se iniciativas internacionais relevantes, como o processo de normalização conduzido pelo Comitê Técnico ISO/TC 229 – Nanotecnologias; os trabalhos do Grupo sobre Nanomateriais da OECD, criado em 2006; a proposição do código voluntário Responsible Nanocode pela The Royal Society, Insight Investment e Nanotechnology Industries Association (NIA), no Reino Unido, em 2008; e o lançamento do Programa Marco de Nanoriscos, intitulado Nano Risk Framework, fruto de um esforço conjunto do Environmental Defense Fund, dos EUA, e da empresa DuPont, em 2007.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um modelo conceitual que integre essas três funções da Tecnologia Industrial Básica visa primordialmente contribuir para o avanço do conhecimento empírico nessas áreas, na perspectiva de sua aplicação futura no Brasil para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais de negócios e de inovações voltadas para o desenvolvimento integrado, seguro e responsável de nanomateriais no país.

O objetivo geral da pesquisa foi 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 Brasil, a partir da análise de referenciais internacionais e iniciativas em curso no mundo.

2. METODOLOGIA

A construção do referencial teórico contemplou os temas centrais da pesquisa e seus interrelacionamentos, a saber: (i) conceituação de nanotecnologia e apresentação dos sinais do novo paradigma tecno-científico dessa tecnologia portadora de futuro; (ii) regulação de tecnologias emergentes, focalizando o caso da nanotecnologia; e (iii) estado-da-arte mundial da metrologia, normalização e regulação de nanotecnologia.

Na fase de desenvolvimento, consubstanciou-se a modelagem que integrou as três funções – metrologia, normalização e regulação de nanomateriais, visando à aplicação da proposta de modelo no contexto brasileiro. A análise de conteúdo dos referenciais externos apontou para a escolha das estruturas analíticas adotadas no âmbito do projeto Nano-Strand, desenvolvido na Comunidade Européia [1-2] e no estudo de autoria de Frater et al. [3].

Tomando-se como base as duas estruturas analíticas dos referidos estudos, verificou-se a necessidade de: (i) adaptar para o contexto brasileiro as questões referentes à metrologia, à normalização e à regulação de nanomateriais; e (ii) integrar as três funções, uma vez que os referenciais internacionais adotados como base para esta proposta contemplaram uma ou duas funções somente. O projeto europeu Nano-Strand [1-2] focalizou as duas primeiras funções; o trabalho do ObservatoryNano [4] abordou as funções de normalização e regulação; e o estudo de Frater et al. [3] analisou especificamente as questões de regulação de nanomateriais. Quanto à abordagem prospectiva adotada no desenvolvimento do modelo, sentiu-se logo no início do processo de modelagem a necessidade de incluir um módulo de construção de *roadmaps* estratégicos. Visando operacionalizar no futuro a aplicação prática do modelo analítico-prospectivo no Brasil, elaboraram-se um instrumento de pesquisa *survey*, voltado para o módulo de diagnóstico da situação atual e identificação de desafios, e uma ferramenta de construção de *roadmaps* estratégicos, customizada para fins de sua utilização no terceiro módulo do modelo.

3. PROPOSIÇÃO DE UM MODELO ANALÍTICO-PROSPECTIVO

Propõe-se um modelo analítico-prospectivo, concebido como uma ferramenta de apoio a processos decisórios em questões referentes à metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil. Ressalta-se a importância de três funções básicas da infraestrutura tecnológica nacional, no âmbito das cadeias de valor potencializadas por nanomateriais e produtos nanomanipulados. São elas:

- *metrologia*, focalizando-se especificamente o uso de técnicas metrológicas nandimensionais, nanoquímicas,

nanomecânicas e aplicadas a nanomateriais estruturados;

- *normalização*, com ênfase na adoção de normas de terminologia e nomenclatura, nanomateriais, nanocompósitos, segurança, meio ambiente e saúde; e desempenho de insumos e produtos;
- *regulação*, compreendendo questões referentes à produção e introdução de novos nanomateriais no mercado; saúde e segurança; responsabilidade dos fabricantes quanto à composição, qualidade e condições de segurança; proteção aos consumidores; controle e preservação ambiental; e tratamento e descarte de resíduos.

Essas três funções constituem o cerne do modelo analítico-prospectivo aqui proposto e traduzem-se em grandes desafios técnicos, normativos e regulatórios sem precedentes no mundo e com fortes impactos nas dinâmicas industriais de nanomateriais e das cadeias de valor por eles potencializadas no contexto brasileiro.

Dentre os estudos e referenciais externos identificados na fase da revisão bibliográfica e pesquisa documental e que serviram de base para a proposição do modelo analítico-prospectivo descrito neste trabalho, destacam-se os mencionados no Quadro 1.

Quadro 1 – Estudos e referenciais internacionais para a construção do modelo analítico-prospectivo

Item	Referências
Definições e conceitos básicos de nanotecnologia	The Royal Society/ The Royal Academy of Engineering [5]
Cadeia de valor da nanotecnologia	Lux Research [6]
Metrologia	International Vocabulary of Metrology: VIM [7].
Nanometrologia	Projeto NanoStrand. Deliverable # 7 [1]
Metrologia nanodimensional	
Metrologia nanoquímica	
Metrologia nanomecânica	
Metrologia aplicada a nanomateriais estruturados	
Normalização de nanotecnologia	Observatorynano [4]; NanoStrand. Deliverable # 9 [2].
Regulação e iniciativas de auto-regulação em nanotecnologia	Observatorynano [4]
Regulação de nanomateriais	Frater et al [3]

A proposta do modelo inclui três níveis de análise e compreende três dimensões, quinze construtos e quatorze variáveis, resultantes de um esforço voltado para a identificação na literatura e nos estudos empíricos das questões e conceitos que deveriam ser considerados, segundo a perspectiva do desenvolvimento responsável de nanomateriais. Nesse sentido, como base conceitual-analítica para a apresentação do modelo propriamente dito, apresentam-se, a seguir, as três dimensões e os construtos

identificados em cada dimensão, sem a pretensão de que esta seleção seja exaustiva (Quadro 2).

Quadro 2 – Dimensões e construtos do modelo analítico-prospectivo

Dimensão	Construtos	Definições
Metrologia	Metrologia nanodimensional	Adotadas as definições de NanoStrand. Deliverable # 7 [1]
	Metrologia nanoquímica	
	Metrologia nanomecânica	
	Metrologia aplicada a nanomateriais estruturados	
Normalização	Terminologia e nomenclatura de nanotecnologia	Adotadas as definições de NanoStrand. Deliverable # 9 [2]
	Nanomateriais	
	Nanocompósitos	
	Normas de segurança, meio ambiente e saúde referentes a nanomateriais e nanopartículas	
	Normas referentes a desempenho de insumos e produtos, com foco em nanomateriais e nanopartículas	
Regulação	Regulação da produção e introdução de nanomateriais no mercado	Adotadas as definições de Frater et al [3]
	Saúde e segurança, com foco em nanomateriais e nanopartículas	
	Responsabilidade do fabricante quanto à composição, qualidade e condições de segurança dos produtos.	
	Proteção aos consumidores, com foco em produtos fabricados com nanomateriais e nanopartículas	
	Controle e preservação ambiental	
	Tratamento e descarte de resíduos	

O modelo é composto por três módulos: (i) revisão do estado-da-arte da metrologia, normalização e regulação de nanomateriais em nível mundial; (ii) diagnóstico da situação atual e identificação dos principais desafios das três funções no contexto brasileiro; e (iii) construção de *roadmaps* estratégicos referentes às trajetórias de desenvolvimento das três funções no Brasil, com indicação de metas de curto, médio e longo prazos em um horizonte de 10 anos.

Endereça-se o modelo aos principais grupos de interesse no país, envolvidos no desenvolvimento, na produção, formulação e comercialização de nanomateriais. Em particular, aos membros do GT Marco Regulatório do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia, e à Coordenação do Programa Mobilizador em Nanotecnologia, criado no âmbito da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP).

3.1 Módulo 1: estado-da-arte da metrologia, normalização e regulação em nanomateriais

O primeiro módulo tem por objetivo a revisão do estado-da-arte mundial das três funções com ênfase em nanomateriais, tendo em vista a identificação das questões metrológicas, normativas e regulatórias que estão sendo analisadas em nível mundial. Busca identificar: (i) as técnicas metrológicas que deverão ser objeto de análise, qual seu estágio de maturidade e em que países estão sendo desenvolvidas ou adotadas; (ii) as normas que deverão ser

adotadas no ciclo de inovação, produção, armazenamento, comercialização e descarte de nanomateriais; e (iii) a regulação e os mecanismos legais (existentes ou em desenvolvimento) no mundo referentes a nanomateriais.

Especificamente para o submódulo referente ao estado-da-arte das técnicas metrológicas, foram identificadas 51 técnicas, sendo 20 associadas à metrologia nanodimensional, 32 relativas à metrologia nanoquímica, 7 à metrologia nanomecânica e 8 associadas à metrologia aplicada a nanomateriais estruturados. Informações sobre as referidas técnicas encontram-se detalhadas no relatório intitulado “*State-of-art report on nanometrology*”, publicado no âmbito do Projeto NanoStrand [1]. Para fins de aplicação prática da ferramenta aqui proposta, recomenda-se a monitoração permanente do ambiente internacional e nacional de metrologia dedicado à nanotecnologia e, em particular, a nanomateriais, tendo em vista a revisão sistemática do estado-da-arte dos campos aqui abordados e atualização da ferramenta.

Com relação ao submódulo de normalização, adotou-se para fins da modelagem a tipologia de normalização que está sendo usada ao longo do desenvolvimento do projeto NanoStrand, particularmente nas etapas da pesquisa *survey* e de construção dos *roadmaps* estratégicos. Identificaram-se 33 temas, classificados nas seguintes categorias: (i) terminologia e nomenclatura de nanotecnologia (6 temas); (ii) nanomateriais (8 temas); (iii) nanocompósitos (6 temas); (iv) segurança, meio ambiente e saúde (7 temas); (v) desempenho de insumos e produtos, com foco em nanomateriais e nanopartículas (6 temas). Essa tipologia encontra-se totalmente alinhada aos trabalhos internacionais de normalização conduzidas pela ISO e pela IEC, cuja síntese e principais resultados.

No submódulo referente ao estado-da-arte da regulação de nanomateriais, destacam-se as principais questões regulatórias que deverão ser objeto de análise nas fases seguintes de aplicação do modelo. Uma proposta inicial baseada em ObservatoryNano (2010) e Frater et al (2006) incluiu as seguintes questões: (i) caracterização de riscos; (ii) avaliação dos riscos; (iii) gerenciamento dos riscos; e (iv) mecanismos legais vigentes relacionados a cada um dos seis campos abordados. Esses campos são: (i) regulação da produção e introdução de nanomateriais no mercado; (ii) saúde e segurança, com foco em nanomateriais e nanopartículas; (iii) responsabilidade do fabricante quanto à composição, qualidade e condições de segurança dos produtos; (iv) proteção aos consumidores, com foco em produtos fabricados com nanomateriais e nanopartículas; (v) controle e preservação ambiental; e (vi) tratamento e descarte de resíduos.

Como nos submódulos anteriores, recomenda-se a monitoração permanente das questões aqui abordadas, tendo em vista propostas futuras de revisão ou consolidação do marco regulatório referente a nanomateriais no país.

3.2 Módulo 2: diagnóstico da situação e identificação e desafios futuros no contexto brasileiro

O segundo módulo do modelo foi desenhado para o contexto brasileiro e intitula-se “diagnóstico da situação atual e identificação dos principais desafios”. Constitui a parte central do modelo analítico-prospectivo aqui proposto

e contempla os seguintes itens: (i) objetivo da pesquisa *survey*; (ii) desenho do instrumento de pesquisa e conteúdos da investigação; (iii) abrangência da pesquisa; (iv) periodicidade; (v) unidade estatística e de análise; (vi) classificação das atividades relacionadas à nanotecnologia; (vii) método de coleta de informações; (viii) tratamento e análise das informações; e (ix) proposição de indicadores. A proposição desse módulo buscou atender necessidades identificadas pelos principais atores do sistema nacional de inovação em nanotecnologia, comprometidos com o desenvolvimento, produção e comercialização de nanomateriais, de forma segura e responsável [8].

A pesquisa *survey* tem por objetivo levantar informações sobre distintos aspectos das funções de metrologia, normalização e regulação junto a instituições e empresas brasileiras, que permitam gerar indicadores, com comparabilidade internacional, e *roadmaps* estratégicos para o contexto brasileiro. Para fins do desenho do instrumento, definiram-se quatro seções e respectivas questões.

O instrumento de pesquisa *survey* é composto de quatro seções, como descrito abaixo:

- **Seção 1 - Identificação:** seção destinada à identificação do respondente, compreendendo questões sobre o tipo de organização a que pertence e as atividades que a organiza desempenha relacionadas a nanotecnologias;
- **Seção 2 – Metrologia:** compreende questões referentes a técnicas de metrologia nanodimensional, nanoquímica, nanomecânica e técnicas de metrologia aplicadas a nanomateriais estruturados;
- **Seção 3 – Normalização:** contempla questões relativas a normas de terminologia e nomenclatura de nanotecnologia; nanomateriais; nanocompósitos; segurança, meio ambiente e saúde referentes a nanomateriais e nanopartículas; desempenho de insumos e produtos, com foco em nanomateriais e nanopartículas;
- **Seção 4 – Regulação:** refere-se às questões sobre regulação da produção e introdução de nanomateriais no mercado; saúde e segurança, com foco em nanomateriais e nanopartículas; à responsabilidade do fabricante quanto à composição, qualidade e condições de segurança dos produtos; à proteção aos consumidores, com foco em produtos fabricados com nanomateriais e nanopartículas; ao controle e preservação ambiental; e à regulação referente a tratamento e descarte de resíduos.

O instrumento de pesquisa *survey*, em seu formato final após o pré-teste, encontra-se na íntegra em dissertação de mestrado defendida em novembro de 2011 no Brasil. Para sua efetiva aplicação no futuro, realizou-se nos meses de julho e agosto de 2010 um pré-teste com 20 especialistas em nanomateriais, de forma intermitente e de acordo com a disponibilidade dos entrevistados. A aplicação do questionário foi virtual, isto é, os especialistas puderam preencher o questionário utilizando a internet e no total foram devolvidos 8 questionários preenchidos em um total de 20 questionários enviados. As respostas confirmaram a pertinência dos construtos e variáveis propostos.

Apresenta-se no Quadro 3 a grade analítica completa, baseada na proposta conceitual apresentada no Quadro 2 e

nos resultados do pré-teste. Compreende três dimensões, quinze construtos e quatorze variáveis.

Quadro 3 – Grade analítica e conteúdos de investigação da pesquisa *survey*

Dimensão	Construtos	Variáveis
Metrologia	Metrologia nanodimensional	Frequência de uso da técnica metrológica;
	Metrologia nanoquímica	Campos de aplicação da técnica metrológica;
	Metrologia nanomecânica	Importância da aplicação da técnica metrológica;
	Metrologia aplicada a nanomateriais estruturados	Estágio da infraestrutura nanometrológica no país em relação à técnica.
Normalização	Terminologia e nomenclatura de nanotecnologia	Importância da adoção da norma no Brasil;
	Nanomateriais	Urgência de adoção da norma no Brasil;
	Nanocompósitos	Grau de participação do Brasil em iniciativas internacionais referentes à norma;
	Normas de segurança, meio ambiente e saúde referentes a nanomateriais e nanopartículas	Campos de aplicação da norma.
	Normas referentes a desempenho de insumos e produtos, com foco em nanomateriais e nanopartículas	
Regulação	Regulação da produção e introdução de nanomateriais no mercado	Estágio da caracterização de riscos no país;
	Saúde e segurança, com foco em nanomateriais e nanopartículas	Estágio da avaliação dos riscos no país;
	Responsabilidade do fabricante quanto à composição, qualidade e condições de segurança dos produtos.	Estágio do gerenciamento dos riscos no país;
	Proteção aos consumidores, com foco em produtos fabricados com nanomateriais e nanopartículas	Existência de mecanismos legais no país referentes ao construto;
	Controle e preservação ambiental	Importância da regulação para o país;
	Tratamento e descarte de resíduos	Urgência da regulação no país.

O instrumento proposto visa uma abrangência nacional, com potencial de aplicação nas principais instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento, como institutos de pesquisa federais, estaduais, municipais e privados, universidades e suas respectivas unidades tecnológicas, unidades do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) relacionadas à nanometrologia, rede de laboratórios acreditados pelo Instituto, assim como todas as unidades de pesquisa e

desenvolvimento das diversas empresas do país que produzem nanomateriais.

A título de ilustração, poderão ser consideradas para fins da construção da base cadastral de respondentes: (i) empresas registradas no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) do Ministério da Fazenda e que no cadastro do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) constam atividades relacionadas a nanotecnologia e a nanomateriais, em particular; (ii) instituições de especialistas ativos na área de nanomateriais e nanometrologia registrados no Portal Inovação criado e mantido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT); (iii) instituições dos grupos de pesquisa em nanomateriais, que integram o Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, criado e mantido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e (iv) instituições e empresas dos especialistas ativos em atividades ligadas à nanotecnologia e nanomateriais, promovidas/financiadas por entidades públicas federais.

3.3 Módulo 3: Construção de roadmaps estratégicos da metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil

Finalmente, o terceiro módulo refere-se à construção dos *roadmaps* estratégicos e seu objetivo é desenvolver representações gráficas simplificadas que permitirão comunicar e compartilhar de forma eficaz as metas estratégicas referentes à metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil, ao longo de uma escala temporal. Acredita-se que, a partir da construção coletiva dos *roadmaps* estratégicos, a mobilização, o alinhamento e a coordenação de esforços dos grupos de interesse que deverão ser envolvidos na concretização de uma ou mais metas poderá ser significativamente facilitadas.

Em outras palavras, os *roadmaps* estratégicos fornecerão um quadro para pensar o futuro, estruturar o direcionamento estratégico dessas três funções e definir os planos de ação vinculados aos subtemas (construtos) de cada função.

4. CONCLUSÕES

Avaliar a situação de um país em relação à metrologia, normalização e regulação de nanomateriais segundo uma visão sistêmica e integrada, como aqui proposto, constitui uma tarefa de caráter exploratório. Nessa perspectiva, a proposta de um modelo analítico-prospectivo para avaliação de questões críticas relacionadas à metrologia, normalização e regulação de nanomateriais de forma sistêmica e integrada contribuiu para o avanço do conhecimento sobre a importância da metrologia, normalização e regulação de nanomateriais, vistas segundo uma perspectiva sistêmica, integrada e sustentável.

A proposta conceitual inicial considerou contribuições de estudos e referenciais em nível internacional e, a partir daí, incluíram-se novos elementos a fim de melhorá-la, principalmente no que diz respeito às questões de regulação de nanomateriais. Acredita-se que esta contribuição, que pretende ser flexível, dinâmica e sistêmica, possa ser útil para gestores dos setores privado e público e especialistas acadêmicos aprimorarem suas estratégias de inovação, a

formulação de políticas públicas e suas pesquisas empíricas, respectivamente.

Para trabalhos futuros de desdobramento da pesquisa e aprofundamento dos resultados alcançados, propõem-se:

- divulgar o modelo integrado “metrologia, normalização e regulação de nanomateriais” junto a organismos de governo e instituições com interesse potencial na sua aplicação em nível nacional;
- aplicar o instrumento de pesquisa *survey* junto aos diversos atores do sistema nacional de inovação em nanotecnologia, demonstrando sua importância como ferramenta de apoio a decisões no âmbito de instituições e empresas realmente interessadas no desenvolvimento consciente e ético de nanomateriais;
- utilizar análise estatística não paramétrica para tratamento e análise dos dados coletados, mediante adoção de análise fatorial. Essa abordagem poderá evidenciar mais objetivamente a importância dos fatores para o desenvolvimento, produção e comercialização responsável de nanomateriais no Brasil, permitindo com isso, atribuir-se pesos aos fatores e respectivos indicadores;
- identificar oportunidades de replicação do modelo proposto em outros campos de nanotecnologia, além de nanomateriais, como por exemplo nanobiotecnologia, nanofotônica, nanoeletrônica e outros;
- desenvolver aplicativos que permitam estender a aplicação do modelo e suas ferramentas a outros países da América Latina.

REFERÊNCIAS

- [1] Nanostrand. *Standardization related to research and development for nanotechnologies*. NMP4-CT-2006-033167. Deliverable number 7. State-of-art report on nanometrology. 2006.
- [2] Nanostrand. *Standardization related to research and development for nanotechnologies*. NMP4-CT-2006-033167. Deliverable number 9. Quantitative survey of European stakeholders. 2007.
- [3] Frater, L.; Stokes, E.; Lee, R.; Oriola, T. *An Overview Of The Framework Of Current Regulation Affecting The Development And Marketing Of Nanomaterials*. ESRC Centre for Business Relationships Accountability Sustainability and Society. BRASS. Cardiff: Cardiff University, 2006.
- [4] Observatorynano. *Developments in Nanotechnologies Regulation and Standards – 2010*. NMP – Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies, 2010.
- [5] The Royal Society; The Royal Academy Of Engineering. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, London: The Royal Society/The Royal Academy of Engineering, 2004.
- [6] Lux Research Inc. *Statement of findings: sizing nanotechnology's value chain*. Executive summary. Oct 2004. 31 p. 2004.

- [7] JCGM. Joint Committee for Guides in Metrology. *International vocabulary of metrology: basic and general concepts and associated terms (VIM)*. JCGM, 2008.
- [8] Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. MDIC. *Ata da 4ª reunião do Grupo de Trabalho Marco Regulatório*. Fórum de Competitividade de Nanotecnologia. São Paulo, 29 de abril de 2010. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: julho de 2011.