



DESENVOLVIMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL: OPORTUNIDADES E GARGALOS DE ACORDO COM A PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA

Katia Regina Evaristo de Jesus, Odílio B. G. Assis

Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, SP. Brasil. Rodovia SP 340 km 127,5 CP 69 CEP 13820 -000
Telefone: 55 (19) 3311-2641; Fax: 55 (19) 3311-2640 Katia.Jesus@embrapa.br
Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP. Brasil. Rua XV de Novembro, 1452 – CP. 741 CEP: 13560-970 –
Telefone: 55 (16) 2107-2800 odilio.assis@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: PA 7

Resumo

A nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços no processo de produção, nas áreas de agricultura e saúde. Apesar de um aumento progressivo na utilização das nanotecnologias em todo o mundo, seu potencial ainda encontra-se reprimido no Brasil, devido ao estágio inicial de desenvolvimento. Portanto, as informações geradas a partir da análise e prospecção da percepção da comunidade científica atuante nas áreas correlatas da Nanotecnologia podem auxiliar na formulação de políticas e regulamentações permitindo que os legisladores e formuladores de políticas públicas versem adequadamente sobre o tema. Este estudo identificou a percepção na comunidade científica brasileira sobre o desenvolvimento da nanotecnologia.

Palavras-chave: Percepção pública, consulta à especialistas, método Delphi.

Introdução

A nanotecnologia tem atraído o interesse de inúmeros grupos de pesquisa em todo o mundo, devido ao seu enorme potencial de aplicação nos mais variados setores industriais e ao impacto que seus resultados podem gerar ao desenvolvimento tecnológico e econômico. Neste contexto, existe uma infinidade de áreas onde a nanotecnologia pode oferecer uma contribuição significativa, algumas das quais, inclusive, já existem produtos em comercialização (DURAN et al., 2006).

Algumas das principais aplicações são: aumento da capacidade de armazenamento e processamento de dados dos computadores, criação de novos mecanismos para a produção de medicamentos, criação de materiais mais leves, baratos e mais resistentes, economia de energia, proteção ao meio ambiente, menor uso de matérias primas escassas (CADIOLI; SALLA, 2006).

Os resultados dos estudos que analisam a aceitação da nanotecnologia pelo consumidor podem variar dependendo do campo de aplicação.

A atitude da sociedade em relação à nanotecnologia é impulsionada por fatores determinantes que não apenas o conhecimento.

Ela é uma tecnologia amplamente aceita, exceto quando está ligada à alimentação. Assim, para a melhor comunicação de risco, seria importante desenvolver estratégias que ajudem as pessoas a compreender esta tecnologia, bem como à diferenciação entre os campos de sua aplicação e as relações de causa e efeito envolvidas.

Além disso, a maioria dos estudos que aborda a questão da regulamentação da nanotecnologia têm utilizado análises descritivas ou tendem a se concentrar nas sugestões normativas para a adaptação ou reforma de outros sistemas de regulação existentes. As estruturas em escala e sistemas nanotecnológicos têm o potencial de afetar não apenas a saúde humana e do ambiente, mas também aspectos da vida social, a identidade humana e os valores culturais. As principais recomendações para a avaliação do risco-benefício e de gerenciamento de risco consistem nas aplicações de questões de curto e longo prazo, além de modelos de regulação/regulamentação global para a nanotecnologia (RENN; ROCO, 2006).

Dessa maneira, apesar do emprego crescente das nanotecnologias, seu potencial encontra-se ainda reprimido devido às questões de percepção

pública e sua consequente influência na legislação. Com vistas a oportunidades e gargalos ao desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil, de acordo com a percepção da comunidade científica, foram identificados os pontos mais controversos associados ao tema e a partir destes foram formuladas algumas questões que passariam a compor o questionário web, apresentado remotamente aos especialistas consultados

Materiais e métodos

Para compor o quadro de especialistas que seriam consultados na primeira rodada de consulta Delphi (remota), foi feita uma busca a partir do Currículo Lattes da plataforma do CNPq baseando-se nas áreas de atuação dos pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa e profissionais de empresas privadas que atuam nas áreas de Nanociência e Nanotecnologia. Como resultado desta busca foram obtidos 457 especialistas.

Tais especialistas foram agrupados em seis grandes áreas (Fig 1) de acordo com suas áreas de atuação como descrito abaixo:

- Desenvolvimento de materiais nanoestruturados: 215 especialistas;
- Nanobiotecnologia: 70 especialistas;
- Agronano e alimentos: 41 especialistas;
- Nanoquímica e nanofísica: 88 especialistas;
- Ética e economia com interface para Nanotecnologia: 16 especialistas; e
- Ambiental com interface para Nanotecnologia: 27 especialistas.

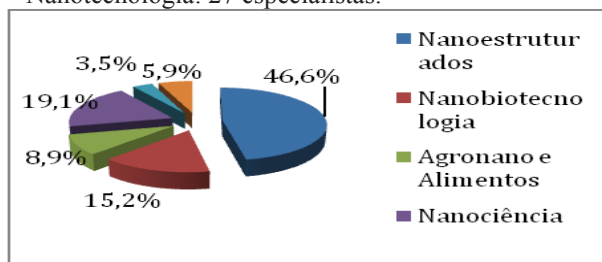


Fig 1. Divisão dos especialidades consultados de acordo com sua área de pesquisa principal (em porcentagem).

O método Delphi, segundo Linstone e Turoff (1975), é uma ferramenta utilizada em pesquisas qualitativas, na qual se busca um consenso de opiniões de maneira geral através de consultas de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. Essa consulta é realizada através de um questionário, que é repassado diversas vezes até que haja um consenso, ou seja, uma convergência das respostas, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo dos especialistas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Segundo

Martino (1993) as principais características deste método são: o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados, e o feedback de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes. O questionário formulado foi estruturado para disponibilização no website da Embrapa Meio Ambiente. Para a construção do questionário disponibilizado na web o banco de dados foi modelado utilizando Linguagem de Consulta Estruturada ou SQL, linguagem de pesquisa declarativa para banco de dados relacional. O Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados utilizado foi o MySQL, que se baseia no padrão SQL. Para modelar as tabelas e campos foi utilizado o MySQL-Front, programa gratuito para gerenciamento do banco de dados. O questionário foi elaborado utilizando HTML gerado dinamicamente por PHP. Por fim, através do MySQL Front exportou-se os dados para posterior tabulação e análises (THOMPSON, 2003). O questionário pode ser consultado em breve no link: <http://www.cnpma.embrapa.br/nanotec1> (link a definir) utilizando a chave de acesso: impactos-nano.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para as questões econômicas e políticas, podem ser observados na Tab 1, na qual constam as frequências obtidas em cada questão, referente ao grau de importância da afirmação ou dos parâmetros apresentados.

Conclusões

De acordo com as contribuições apresentadas pelos especialistas na consulta, foi ressaltado que ao lado dos estudos de segurança ambiental são necessárias respostas que garantam a segurança de produtos com partículas nano para o meio ambiente. Para tanto, reforçaram a necessidade de métodos científicos para a construção de cenários que possibilitem determinar o alcance dos seus efeitos ambientais, com potencial de causar impacto ambiental negativo, antes mesmo que sejam realizados testes de campo e mercado. Outra preocupação apontada pelos especialistas refere-se a criação de um órgão de regulamentação na área. De acordo com alguns comentários feitos, a preocupação deste órgão seria com a separação de produtos/tecnologias realmente perigosos para a saúde e para o meio ambiente dos produtos/tecnologias que representam avanço tecnológico.

Tab 1: Distribuições resultam da consultoria especializada primeira rodada: dimensão econômica e política em nanotecnologia

Questões	Grau de relevância (%)		
	Baixa	Média	Alta
1. Programas de investimento gov. em P&D	0,5	0,0	99,4
2. Investimento empresarial em P&D	2,2	1,1	96,5
3. Investimento em Estudos de Impacto	0,5	2,2	97,1
4. Existência de processos impetrados por Órgãos de contra fabricantes de produtos nano	14,3	13,1	72,4
5. Número de legislações gov e/ou de organizações específicas para avaliar a segurança	2,9	5,8	91,1
6. Existência de acordos internacionais visando o uso adequado de nanotecnologias	0,5	7,0	92,3
7. Normas para o Controle Federal sobre processos de nanoencapsulação devido à potencial p armas biológicas	3,5	7,1	89,3
8. Aplicação de recursos em ensino de pós-graduação em nanotecnologia	0,5	0,5	98,8
9. Aumento dos investimentos em fundos de ações ligados à nanotecnologia	2,9	4,7	92,3

Com relação aos investimentos direcionados ao desenvolvimento de nanotecnologias comparado ao investimento de países desenvolvidos, é notório que o investimento brasileiro é muito menor. Além disso, todo o montante de recursos direcionados para a nanotecnologia no Brasil é utilizado para a pesquisa de produtos e processos, não havendo investimento na pesquisa dos impactos das nanotecnologias na cadeia produtiva, no meio ambiente e na sociedade.

Na dimensão Institucional e Ciência, Tecnologia e Inovação, um dos pontos relevantes destacados foi sobre a questão das patentes. Acredita-se na importância das patentes para que o Brasil seja reconhecido internacionalmente e também para garantir a independência tecnológica do país. Porém, essa opinião não foi unânime no grupo de especialistas consultados. Alguns especialistas acreditam que o patenteamento de uma inovação capaz de promover qualidade de vida a milhões de pessoas se protegida por patente pode excluir grande parte da população.

Resumidamente, a maioria das contribuições qualitativas refletiu a preocupação com a necessidade de serem definidos critérios para o desenvolvimento de protocolos de avaliação de

segurança em geral ou de uma maneira específica alguns esforços de Instituições de Pesquisa ou Órgãos Governamentais. O levantamento e organização da informação técnica disponível na literatura pode ser a base para orientar estes protocolos que por sua vez irão contribuir com a discussão e elaboração de um processo de padronização da regulamentação que poderia ser capaz de orientar a liberação racional e o esforço de desenvolvimento desta tecnologia.

Os cientistas e juristas necessitam iniciar um diálogo maior sobre a nanotecnologia, propiciando a criação de uma legislação eficaz, pautada nos direitos constitucionais, em um meio ambiente ecologicamente equilibrado e na qualidade de vida. A análise de impactos como também de riscos pode representar um passo importante para compor parte desta legislação

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Finep, Capes, Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa e Embrapa Meio Ambiente

Referências

- CADIOLI, L. P.; SALLA, L. D. Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 98-105. 2006.
- DURAN, N.; MATTOSO, L. H.; MORAIS, P. C. Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: ArtLiber, 2006. 208p.
- LINSTONE, H. A.; & TUROFF, M. Introduction. Em: *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison-Wesley Publishing Company. 1975.
- MARTINO, J. P. *Technological forecasting for decision making*. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.
- RENN, O.; ROCO, M. Nanotechnology and the need for risk governance. *Journal Nanoparticle Research*, v.8, n. 2, p.153-191, 2006
- THOMPSON, M. A. *Java 2 & Banco de dados*. São Paulo: Érica, 2003.
- WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54