



METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS: MÉTODO E SOFTWARE IMPACTOS-NANOTEC

Katia Regina Evaristo de Jesus¹, Odílio B. G. Assis²

¹ 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 katiareg@cnpma.embrapa.br

² Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil. Rua XV de Novembro, 1452 – CP. 741 CEP: 13560-970 – Telefone: 55 (16) 2107-2800 odilio@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: 7

Resumo

Este trabalho apresenta a Metodologia / Software Impactos-Nanotec que permite a avaliação de impactos instruída e organizada com base em dados técnicos do projeto e da aplicação das nanotecnologias, podendo ser empregada antes ou após a sua utilização ou liberação no meio ambiente. A ferramenta é composta de indicadores, componentes e fatores de ponderação próprios e dedicados para uma análise de produtos ou projetos nanotecnológicos. O Método funciona como um norteador para a avaliação, apontando os indicadores que devem ser analisados e os componentes que podem ter alguma importância na avaliação, desse modo, contribui para diminuição da subjetividade na avaliação das nanotecnologias de modo geral.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Indicadores de Impacto, Método de Avaliação de Impactos

Publicações relacionadas

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. , Jaguariúna – SP, Katia Regina Evaristo de Jesus- Hitzschky. **Software Impactos- Nanotec**. BR nº PI 11695-2. 2108. 01 Fev. 2009; 31 Mai. 2011. Revista do Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

Introdução

A compreensão de situações potencialmente de risco é cada vez mais multifacetada e, desafia os avaliadores de risco a escolherem as prioridades entre a multiplicidade de fatores de risco contribuintes. Alguns modelos foram propostos para avaliar os nanoproductos. A investigação sobre o estabelecimento de estratégias adequadas de teste de ecotoxicidade e métodos para as nanopartículas devem centrar-se essencialmente sobre a definição de cenários de exposição realistas do pior caso para as nanopartículas no meio ambiente e, em seguida, testar a toxicidade das nanopartículas sob esses cenários [1]. A priorização de algumas propriedades que devem ser analisadas (como solubilidade, estabilidade, degradação, área superficial final

do nanoproducto, dentre outros) implica também na necessidade de atribuir métodos disponíveis e adequados para medir estas propriedades. Infelizmente isso nem sempre é possível, um exemplo da carência de métodos que existe nesta área, é de um critério para medir diretamente a área superficial final do nanoproducto em uma dispersão aquosa. Um exemplo relevante é o alto risco de produzir resultados com vieses com as diferentes técnicas de análise das propriedades, características ou efeitos adversos da utilização ou liberação de nanopartículas. A avaliação do potencial impacto biológico dos nanomateriais se tornou de grande importância nos últimos anos, sendo que o rápido ritmo de desenvolvimento da nanotecnologia não foi acompanhado por uma investigação completa de sua segurança. As mesmas propriedades que tornam as nanopartículas

interessantes para aplicações, como seu pequeno tamanho, sua enorme superfície e sua alta reatividade, também as tornam acessíveis a locais anteriormente inacessíveis em sistemas vivos, com conseqüências potencialmente significativas para a nanomedicina e nanosegurança.

Materiais e métodos

A identificação de indicadores de impacto potencial das nanotecnologias foi baseada em um levantamento da literatura especializada, onde o foco foi reunir as informações mais relevantes úteis ao público em geral e aos cientistas e tomadores de decisão da esfera pública. Uma centena de indicadores foram selecionados, classificados em quatro dimensões: a) Dimensão Ambiental e Saúde; b) Dimensão Social, Capacitação e Ética; c) Dimensão Econômica e Política e, d) Dimensão Capacitação e Ciência, Tecnologia e Inovação. A fim de validar os indicadores, eles foram organizados como questões de acordo com o formato do Método Delphi de Consulta a Especialistas.

Toda esta informação está organizada em um método que permite a avaliação caso-a-caso de acordo com três ferramentas: (1) planilhas para a realização da 'Avaliação de Segurança', através da formulação do Índice de Segurança; (2) Planilha de indicadores para a compilação do Nível de Desempenho dos Indicadores, definido pelo 'Índice de Magnitude'. Finalmente, a combinação de ambos os Índices (Segurança×Magnitude) possibilita a formulação do resultado na (3) Matriz de Impacto que é construída pelo 'Índice de Impacto Geral'. O Método Impactos-Nanotec funciona como um norteador para a avaliação, apontando os indicadores que devem ser analisados e os componentes que podem ter alguma importância na avaliação, desse modo, esse método contribui para diminuição da subjetividade na avaliação das nanotecnologias de modo geral.

O diferencial deste método é a possibilidade de incluir indicadores específicos para a nanotecnologia em questão. Nessa avaliação caso-a-caso os fatores de moderação e os índices são parametrizados para permitir uma avaliação confiável. Concluindo, este método pode ser mais facilmente empregado pela utilização do Software Impactos-Nanotec, no qual os cálculos são automatizados e os resultados apresentados no formato da Matriz de Impacto, gráficos, tabelas e de um relatório descritivo.

Resultados e discussão

O objetivo deste método é considerar a avaliação dos indicadores dentro de cada dimensão possível, sem privilegiar qualquer indicador. Desta forma, o "Método Impactos Nanotec" prevê a parametrização dos pesos, mas não prioriza dimensões. No caso de uma avaliação ex-post, a planilha de indicadores deve ser completamente avaliada, enquanto que no caso de uma avaliação ex-ante da nanotecnologia, apenas alguns indicadores potenciais devem ser analisados. **Planilhas para compilar a Avaliação de Segurança do Nanoproduto:** A Metodologia Impactos-Nanotec propõe que a avaliação de um nanoproduto seja composta por informações obtidas através de ensaios de laboratório ou com base na literatura especializada: i) dados/testes de segurança das matérias-primas; ii) testes de estabilidade do novo produto; iii) testes de estabilidade do novo recurso; iv) avaliação das aplicações agrônômicas; v) testes de inocuidade do novo produto (farmacêuticos ou cosméticos); vi) testes de segurança alimentar (equivalência substancial); vii) ingredientes não-tóxicos.

Planilhas para compilar os Indicadores Nível de Desempenho do Impacto: Índice de Magnitude: O segundo instrumento consiste de planilhas pré-formatadas que organizam os parâmetros ou indicadores de acordo com o foco de sua dimensão e permite que os usuários preencham os valores relacionados com o nível de importância ou magnitude do impacto ou danos potenciais dos indicadores.

Matriz de Impacto construída pelo 'Valor de Impacto Geral': A terceira ferramenta fornece uma estrutura para observar o impacto potencial e a avaliação da segurança do nanoproduto, na análise ex-ante. Na avaliação ex-post, utiliza-se o Índice Avaliação de Segurança e todos os indicadores para o estabelecimento do Índice de Magnitude. Esses índices são cruzados para mostrar a forma final do resultado: a análise em formato de matriz (Fig. 1). A Matriz é construída com dois eixos, onde no eixo x estão as categorias do Índice de Magnitude (desempenho dos indicadores) e no eixo y estão as categorias do Índice de Avaliação de Segurança (Teste de Segurança, Caracterização e destino de resíduos, Caracterização e Avaliação Toxicológicas do nanoproduto, Características do nanoproduto, Percepção de Risco). Isso é indicado na matriz "Valor Geral do Impacto", que é o resultado final de todos os indicadores de todas as dimensões. Para complementar a avaliação os resultados dos Índices de Magnitude e de Segurança para cada campo são

colocados na Matriz de acordo com sua posição (pontos são plotados usando letras que representam cada campo). O valor geral para o desempenho na dimensão é o resultado da soma dos valores de todos os indicadores dentro da dimensão em avaliação. A ilustração desse resultado da avaliação de dimensão (plotagem das letras como um código) permite formular uma lista de recomendações, com o objetivo de potencializar um impacto positivo da Nano em cada dimensão.

Figura 1: Matriz de Avaliação de Impactos de Nanotecnologias

Índice de Segurança	7 a 21				
	Segurança Muito Favorável	9	10	11	12
	-7 a 7				
	Segurança Favorável	5	6	7	8
	-21 a 7				
Segurança Desfavorável	1	2	3	4	
		-59 a -29	-29 a 0	0 a 29	29 a 59
		Muito Baixo Desempenho do Indicador	Baixo Desempenho do Indicador	Médio Desempenho do Indicador	Alto Desempenho do indicador
Índice de Magnitude					

Conclusões

A análise prospectiva deve ser realizada para prever a ocorrência de impactos negativos de algumas das nanotecnologias ou nanopartículas no meio ambiente ou na saúde humana. Além disso, essa análise deve prever e otimizar o sucesso econômico, institucional ou social. Essas avaliações nos permitem definir as medidas preventivas para evitar ou mitigar os efeitos negativos relacionados aos Testes de Segurança, Caracterização Residual e Destino das nanotecnologias, ou a Avaliação do nanoproduto, Características do nanoproduto e a Percepção de Risco, situações inesperadas e indicadores específicos que podem resultar em impactos negativos.

Esta avaliação rápida nos permite definir as medidas preventivas para evitar ou mitigar os efeitos adversos ou ocorrências inesperadas que poderiam resultar em riscos potenciais ou identificados. Assim, é possível desenvolver um nanoproduto com uma alta probabilidade de sucesso e segurança.

A avaliação de impactos aqui proposta inclui parâmetros que permitem uma estimativa do nível de desempenho, que se baseia na atribuição de valores numéricos a vários fatores correlacionados com o impacto. Isso resulta em menor subjetividade e maior clareza nos processos de análise. Tecnologias com os mesmos objetivos também podem ser comparadas usando o sistema proposto.

Agradecimentos

CNPq, FINEP, Capes e Embrapa Meio Ambiente.

Referências

1. Crane, M.; D. Handy, R. D.; Garrod, J.; Owen, R. Ecotoxicity test methods and environmental hazard assessment for engineered nanoparticles. *Ecotoxicology*, v. 17, n. 5, p. 421-437, 2008.

ISSN 2175-8395

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO

ANAIS DO VI WORKSHOP – 2012

Maria Alice Martins
Morsyleide de Freitas Rosa
Men de Sá Moreira de Souza Filho
Nicodemus Moreira dos Santos Junior
Odílio Benedito Garrido de Assis
Caue Ribeiro
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Editores

Fortaleza, CE
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452,
CEP 13560-970 – São Carlos, SP
Fone: (16) 2107-2800
Fax: (16) 2107-2902
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita, 2270,
CEP 60511-110 – Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
<http://www.cnpat.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpat.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Instrumentação

Presidente: João de Mendonça Naime
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori, Washington Luiz de Barros Melo, Sandra Protter Gouvêa, Valéria de Fátima Cardoso.
Membro suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior
Secretário-Executivo: Marcos Antonio Nakayama
Membros: Diva Correia, Marlon Vagner Valentim Martins, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Adriano Lincoln Albuquerque Mattos e Carlos Farley Herbster Moura

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto

Capa: Mônica Ferreira Laurito, Pedro Hernandez Campaner

Imagens da capa:

Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus Loures Mourão, Viviane Soares

Imagem de MEV de Eletrodeposição de cobre – Luiza Maria da Silva Nunes, Viviane Soares

Imagem de MEV de Colmo do sorgo – Fabrício Heitor Martelli, Bianca Lovezutti Gomes, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de HPMC com nanopartícula de quitosana – Marcos Vinicius Lorevice, Márcia Regina de Moura Aouada, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de Vanadato de sódio – Waldir Avansi Junior

Imagem de MEV de Fibra de pupunha – Maria Alice Martins, Viviane Soares

1ª edição

1ª impressão (2012): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Instrumentação

Anais do VI Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio 2012 – São Carlos: Embrapa Instrumentação; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.

Irregular

ISSN: 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Rosa, Morsyleide de Freitas. III. Souza Filho, Men de Sá Moreira de. IV. Santos Junior, Nicodemos Moreira dos. V. Assis, Odílio Benedito Garrido de. VI. Ribeiro, Caue. VII. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria Tropical.