# PROSPECÇÃO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS

**Carolina de Castro Bueno**[1]
**Katia Regina Evaristo de Jesus**[2]

[1]Universidade Federal de São Carlos
[2]Embrapa Meio Ambiente
katiareg@cnpma.embrapa.br

**Projeto Componente:** PC6 **Plano de Ação:** PA7

**Resumo**

Para analisar a viabilidade de uma atividade, é necessário somar ao processo de Avaliação de Impacto as possíveis consequências de seu mau funcionamento: a chamada Avaliação de Impactos. A primeira etapa para a construção dessa Avaliação é identificar os perigos relacionados através de indicadores de impacto, que podem ser definidos como a parte necessária de um projeto para dar procedimento ao fluxo de informações na tomada de decisões e planejamento de ações. O levantamento de indicadores aqui apresentados foram importantes para o entendimento da segurança da liberação dos produtos nanotecnológicos, bem como fundamentar critérios para a posterior criação de uma avaliação de impactos específica.

**Palavras-chave:** indicadores de impacto, nanotecnologia, avaliação de impactos

## Publicações relacionadas

BUENO, C. C.; JESUS, K. R. E. Emprego **e Adaptação do Método GMP-RAM para Avaliação dos Riscos das Nanotecnologias**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente 62, ISSN 1516-4675, 2011. 76p.

## Introdução

Uma Avaliação de Impacto significa avaliar e interpretar qualitativa e quantitativamente as mudanças de ordem ecológica, social, cultural ou estética no meio ambiente [1]. Esse tipo de avaliação nada mais é do que é o processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta, como a inserção de uma nova tecnologia na sociedade, por exemplo. A primeira etapa de um processo de avaliação de impacto é identificar a natureza da modificação e seu agente causador, de forma a atribuir responsabilidades, enquadramento desses impactos em conceitos corretos e o monitoramento dos mesmos. O segundo passo é qualificar o tipo de impacto encontrado de acordo com a validade do método de seleção dos dados em que a informação se baseia. Dessa forma, para analisar a viabilidade de uma atividade, é somado ao processo de avaliação de impacto as possíveis consequências do mau funcionamento de desta, que, por sua vez, podem ser mais significativas do que os impactos decorrentes de seu funcionamento normal, que é a chamada Avaliação de Risco. Esse tipo de avaliação é usualmente dividida em quatro etapas: identificação dos perigos; análise das consequências e estimativa dos riscos; avaliação dos riscos e; gerenciamento dos riscos. Neste trabalho, a primeira etapa é organizada e estabelecida através de indicadores de impactos.

De acordo com Meadows [2] esses indicadores podem ser definidos como a parte necessária para o

fluxo de informações na tomada de decisões e planejamento de ações. De acordo com a definição da OECD [3], indicadores são ferramentas de avaliação que devem ser interpretadas de maneira científica e política; devem ser completados com outras informações qualitativas e científicas, sobretudo para explicar fatores que se encontram na origem de uma modificação do valor de um indicador que serve de base a uma avaliação. Segundo Briggs [4], a importância do indicador é refletida por seu propósito e pelo modo como será empregado. Indicadores são pontos de influência [2]: sua presença ou ausência, exatidão ou não, uso ou não uso, podem influenciar decisivamente a avaliação do sistema.

Finalmente, os indicadores estabelecidos aqui preenchem uma etapa significativa de uma Avaliação de Risco, que antes de ser uma tentativa de estimar matematicamente as probabilidades de um evento e a magnitude de suas consequências, implica o juízo de valor da tomada decisões [5]. A associação das Avaliações de Impacto e Risco, portanto, deve necessariamente ser levada em conta na análise e na discussão de impactos gerais da introdução de novas tecnologias em uma sociedade, no caso deste trabalho, das nanotecnologias em especial.

## Materiais e métodos

Segundo Linster [6], os indicadores possuem duas funções principais: 1. Reduzir o número de mensurações e parâmetros para dar um parecer sobre a situação e; 2. Simplificar o processo de comunicação. Como um indicador é, muitas vezes, utilizado para atingir objetivos diversos, é necessário definir um critério geral para selecionar indicadores e validar sua escolha dentro de uma Avaliação de Impactos. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [7] estabelece os critérios para selecionar indicadores de impacto quanto à relevância política e utilidade para usuários e mensurabilidade. A relevância política e utilidade para usuários deve fornecer um cenário representativo do *status quo,* ser simples, fácil de interpretar e capaz de mostrar tendências ao longo do tempo. Também deve promover uma base para comparações internacionais e ser de âmbito nacional. Já a mensurabilidade está relacionada com a disponibilidade de quantificação/ponderação do risco relacionado ao indicador, bem como estar baseado em normas e padrões pré-determinados por organizações. Esses critérios foram utilizados neste trabalho para identificar, desenvolver e justificar os indicadores pertinentes ao caso das nanotecnologias.

## Resultados e discussão

A seguir, é apresentada uma compilação dos resultados de fase inicial de uma Avaliação de Impactos, ou seja, o levantamento dos indicadores, a partir da consulta à literatura especializada. O levantamento dos indicadores deste trabalho foi realizado através de uma análise criteriosa da literatura científica das dimensões (ou grupos) envolvidas, relatórios governamentais e institucionais. Os grupos foram escolhidos segundo a representatividade que cada um possui dentro da estruturação da sociedade atual, bem como sua importância no equilíbrio da mesma. As informações obtidas foram organizadas para uma futura ponderação dos dados para estes serem utilizados uma Avaliação de Impactos das Nanotecnologias.

Tabela 1. Compilação dos Indicadores de Impactos analisados neste trabalho

| DIMENSÕES | INDICADORES |
|---|---|
| **Ambiental e de Saúde** | Monitoramento da destinação de resíduos provenientes de laboratórios e/ou indústrias de nanocompósitos, visando à qualidade ambiental (solo, água, flora, microbiota e fauna) |
| | Validação dos testes *in vitro* contra modelos *in vivo* em diversos cenários de exposição à nanocompósitos |
| | Avaliação do ciclo de vida do produto nanorelacionado |
| | Informação específica sobre possíveis rotas de exposição de produtos que contenham nanotecnologias através da Relação Quantitativa de Estrutura-Atividade (*Quantitative Activity Relationships* – QSARs) divulgada e definida |
| | Avaliação de segurança para agrotóxicos em nanoescala |
| | Exposição de organismos não-alvo da biota do solo ou da água onde foram aplicados os agroquímicos em nanoescala |
| | Modificação nos processos e nas dinâmicas dos sistemas ecológicos por estresse ambiental devido à presença de nanopartículas |
| | Inibição da germinação da semente devido à fitotoxicidade das nanopartículas |
| | Inibição do crescimento da raiz devido à fitotoxicidade das |

| | |
|---|---|
| | nanopartículas |
| **Social, Ética e Institucional** | Ações específicas de comunicação em nanociências |
| | Taxa de Emprego/Desemprego em matrizes operacionais relacionadas às nanotecnologias |
| | Aplicação de propriedades inovadoras para uso militar (relacionadas à nanomateriais) |
| | Taxa de Sindicalização e associativismo na área de nanotecnologia |
| **Econômica e Política** | Investimento em estudos de impacto das nanotecnologias |
| | Balanço de Pagamentos Tecnológicos nas áreas relacionadas à nanotecnologia (fluxos financeiros de capital estrangeiro – *royalties* e licenças) |
| | Índice de legislações governamentais e/ou de órgãos institucionais específicas para avaliar a segurança dos produtos nanorelacionados |
| **Ciência, Tecnologia e Inovação** | Bibliometria |

## Conclusões

O levantamento de indicadores de impacto nos mais diversos grupos de análise aqui demonstrados é de extrema importância para o entendimento holístico de uma situação de risco. Através dos indicadores estabelecidos neste trabalho foi possível levantar os impactos potenciais das nanotecnologias, bem como fundamentar critérios e dados específicos para avaliação e quantificação do impacto envolvido na inserção dessa tecnologia na sociedade. Esses indicadores também serviram como guias para o aprofundamento em estudos de impacto a fim de promover a inovação, competitividade, segurança e sustentabilidade das nanotecnologias. Estes dados culminaram em uma posterior Avaliação dos Impactos das Nanotecnologias [8].

## Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil; Embrapa Meio Ambiente; Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

## Referências

1.R. F. Santos, *Planejamento ambiental: teoria e prática*, Oficina de Textos, São Paulo, 2004.

2. D. Meadows, *Indicators and information systems for sustainable development: a report to the Balaton Group*, The Sustainability Institute, 1998.

3. OECD. *OECD environmental indicators: development, measurement and use,* Paris, 2003.

4. D. Briggs, *Making a difference: indicators to improve children's environmental health* World Health Organization, Geneva, 2003.

5. L. H. Sánchez, *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos,* Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

6. M. Lisnter, *OECD work on environmental indicators.* 2003. Disponível em: < http://www.oecd.org/dataoecd/11/56/34564152.pdf

7. OECD. *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. Paris, 1993.

8. C. C. Bueno; K. R. E. Jesus *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente.* 2011, *62*, ISSN 1516-4675.

ISSN 2175-8395

Rede AgroNano

# Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio

## Anais do VI Workshop 2012

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

Embrapa

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
Nicodemos 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 Hernandes 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.

© Embrapa 2012