

## ARTIGO

# Análise de propostas de gestão de riscos em ambientes com atividades envolvendo nanomateriais

## Proposals for risk management in environments with activities involving nanomaterials

**Luís Renato Balbão  
Andrade**

*Fundação Jorge Duprat  
Figueiredo de Segurança  
e Medicina do Trabalho,  
Centro Estadual do  
Rio Grande do Sul  
(FUNDACENTRO / CERS),  
Porto Alegre, RS, Brasil  
Email: luis.andrade@  
fundacentro.gov.br*

**Fernando Gonçalves  
Amaral**

*Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul (UFRGS),  
Porto Alegre, RS, Brasil*

**William Waissmann**

*Escola Nacional de Saúde  
Pública Sergio Arouca,  
Fundação Oswaldo Cruz  
(Ensp/Fiocruz), Rio de  
Janeiro, RJ, Brasil*

## RESUMO

A manipulação de nanomateriais apresenta enormes desafios para a gestão de riscos em pesquisa e na produção de novos materiais. Porém, os dados sobre os impactos destes novos materiais sobre a saúde humana e meio ambiente precisam ser ampliados. Vários esforços têm sido feitos para mitigar as adversidades e oferecer diretrizes para a gestão destes riscos associados aos nanomateriais. Este artigo objetiva fornecer visão ampla e comparativa entre as principais propostas existentes na literatura. A metodologia utilizada foi análise sistemática englobando 17 propostas de gestão de riscos com nanomateriais. Os resultados indicam que, embora não haja consenso sobre as métricas utilizadas para caracterizar os riscos dos nanomateriais, a adoção do Princípio da Precaução, do enfoque de controle de bandas e da participação dos envolvidos se sobressai entre os documentos analisados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanotecnologia; risco; segurança; nanomateriais, gestão

## ABSTRACT

The handling of nanomaterials presents enormous challenges for risk management in research and production of new materials. However, data on the impacts of these new materials on human health and the environment need to be expanded. Several efforts have been made to mitigate the hardships and offer guidelines for the management of risks associated with nanomaterials. This article aims to provide a broad and comparing view of the main proposals in the literature. The methodology was systematic analysis encompassing 17 proposed risk management with nanomaterials. The results indicate that, although there is no consensus on the metrics used to characterize the risks of nanomaterials, the adoption of the Precautionary Principle, the control banding approach and stakeholder involvement stands out among the documents analyzed.

**KEYWORDS:** Nanotechnology; risk; safety; nanomaterial; management



## Introdução

A manipulação de nanomateriais apresenta novos desafios para a gestão de riscos. Se por um lado, nanotecnologias estão cada vez mais presentes em pesquisas e na produção de materiais, por outro, faltam dados sobre quais são os impactos destes materiais sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Neste cenário de incertezas, uma série de esforços tem sido feita para mitigar as adversidades e oferecer diretrizes para a gestão dos riscos à saúde associados aos nanomateriais. Na literatura, são encontradas diversas abordagens de como realizar tais ações<sup>1,2,3,4</sup>.

Paik et al.<sup>3</sup> salienta que a abordagem tradicional da Higiene Ocupacional (HO) para a avaliação do risco à exposição por inalação de partículas perigosas é baseado em (i) amostrar, de maneira representativa, o ar respirado pelo trabalhador, (ii) determinar a concentração do contaminante na amostragem realizada e, (iii) conhecer o limite de exposição para este contaminante.

Lacunas no conhecimento sobre vários aspectos dos efeitos dos nanomateriais, como: a métrica que melhor represente o perigo de contaminação, os níveis de contaminação e os limites de exposição são barreiras à livre adoção das premissas utilizadas pela HO<sup>3</sup>.

Brouwer<sup>5</sup> realizou comparação de algumas abordagens, permitindo entender a complexidade do problema e seus diferentes objetivos e estruturas. Mostrou que algumas das dificuldades em trabalhar com os nanomateriais estão relacionadas às métricas a serem utilizadas, tanto na caracterização do perigo quanto da exposição. O trabalho baseou-se essencialmente em propostas que empregaram o controle de bandas (*Control Banding - CB*), que é abordagem derivada da iniciativa do *UK Health and Safety Executive*<sup>6</sup>. O CB é uma alternativa plausível para o enfoque tradicional de HO, permitindo que sejam vencidas as barreiras anteriormente citadas. O uso do CB pode ser realizado onde sejam escassos os dados tanto de perigo quanto de exposição. Ambos, perigo e exposição, poderão ser valorados de maneira qualitativa (e não necessariamente quantitativa), obtendo-se faixas (ou níveis de risco) para cada uma das quais serão sugeridas ações de controle. Este trabalho oferece visão ampla e comparativa entre 17 propostas presentes na literatura, analisadas com base em suas principais características. Buscou-se, também, classificar os estudos existentes de acordo com sua abrangência em relação às ações atribuídas a cada uma das estratégias e princípios de supervisão das nanotecnologias.

## Metodologia

Foram analisados 17 trabalhos cujo objetivo comum e genérico é a gestão dos riscos de segurança e saúde no trabalho, decorrentes dos nanomateriais. Com base nas propostas examinadas, elaborou-se lista abrangente de estratégias e ações que as compõem. Esta lista serviu de base para a criação de um quadro comparativo entre os vários documentos, que indi-

ca a presença ou ausência destas ações e estratégias ou, em alguns casos, uma referência a estas feita de maneira genérica ou implícita. Paralelamente, cada proposta foi sumariamente descrita, apontando-se suas principais diferenças em relação às demais.

Os trabalhos analisados foram inicialmente categorizados em três grupos, segundo o seu principal enfoque: 1) enfoque estratégico, que define de maneira geral “o que fazer” (a estratégia) e não “como fazer” (as ações); 2) enfoque metodológico, que fornece, além de estratégias, um conjunto prático de medidas para o controle dos riscos advindos dos nanomateriais e, 3) o enfoque pragmático, que define, prioritariamente, “como fazer” (as ações). Neste último grupo temos as ferramentas apoiadas pelo “enfoque de controle de bandas ou faixas”, (*Control Banding approaches*), segundo Brouwer<sup>5</sup>.

Tanto as estratégias quanto as ações foram agrupadas segundo os princípios básicos indicados para a supervisão das nanotecnologias, sendo estes princípios definidos pelo *International Center for Technology Assessment - ICTA*<sup>7</sup>. Estes princípios são mencionados e descritos como sendo aqueles necessários à regulação de atividades com nanomateriais: 1) princípio da precaução, 2) regulação nano específica compulsória, 3) proteção à saúde e segurança do público e dos trabalhadores, 4) proteção ambiental; 5) transparência, 6) participação do público, 7) inclusão de amplos impactos e, 8) responsabilidade do produtor.

As estratégias foram agrupadas segundo os princípios a que atendem mais diretamente sem, contudo, representar ou dar conta da abrangência do princípio proposto. Desta forma, os princípios em questão são, em geral, bem mais abrangentes que o conjunto das estratégias que lhe foram atribuídas. Alguns dos princípios citados não são alcançados pelas propostas de gestão de risco, já que escapam ao escopo das mesmas, como é o caso do princípio por uma regulação obrigatória nanoespecífica. Da mesma forma, nenhuma das propostas inclui estratégias ou ações para amplos impactos (éticos, sócio econômicos, comerciais etc.), entendendo-se que devem ser previstos ou abordados com ferramentas de maior abrangência. Isto fez que se excluíssem da análise os princípios sobre a regulação nanoespecífica compulsória e o princípio da inclusão de amplos impactos. Os princípios sobre saúde e segurança do público e trabalhadores e o princípio ambiental foram agrupados tendo em conta a similaridade de propósito: a proteção. Na mesma linha, foram agrupados os princípios relativos à participação do público e da responsabilidade do produtor por conta da superposição das relações entre as estratégias e ações e o atendimento (parcial) a estes princípios.

A análise destinou-se a evidenciar as características presentes em cada documento sem, contudo, atribuir valor (melhor ou pior) aos mesmos. Ao conjunto de estratégias ligadas aos princípios anteriormente mencionados foram atribuídas 30 ações específicas. As estratégias foram categorizadas e ponderadas em função do tipo de ações.



## Contextualização

Considerando a relevância do princípio da precaução, da metodologia de CB e da participação dos envolvidos na condução dos processos de gestão de riscos entre as propostas analisadas, fez-se uma breve contextualização destes três elementos.

### O princípio da precaução

O princípio da precaução<sup>8,9,10</sup> coloca que é melhor prevenir (diante da incerteza) do que remediar (porque eventualmente isto pode nem ser possível). Este princípio, de forma geral, parece adequado à gestão de riscos advindos das nanotecnologias.

Não existe uma definição única para o princípio da precaução<sup>9</sup> da mesma forma como na há caracterização do que seja a prevenção minimamente necessária ao atendimento do princípio.

Stebbing<sup>9</sup> coloca duas formas básicas para abordar o princípio da precaução. A primeira é a forma estrita baseada na premissa hipocrática do *primum non nocere* (primeiro, não fazer o mal), quando se requer inação quando a ação puder representar risco. A segunda, conhecida como ativa, indica que se deve ‘fazer mais e não menos’, aplicando os esforços apropriados para mitigar o risco pela escolha de alternativas com menor risco quando disponíveis e pela assunção das responsabilidades pelo risco potencial (*bonum facere*, também premissa hipocrática). Para Stebbing<sup>9</sup>, a forma ativa implica incorporar seis componentes:

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;
3. Alternativas devem ser procuradas e avaliadas;
4. A responsabilidade financeira e as provas de segurança devem recair sobre os proponentes da nova tecnologia;
5. Dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir;
6. Desenvolvimento completo de métodos e critérios de tomada de decisão mais democráticos deve ser fomentado.

Sudarenkov<sup>11</sup> indica que, para as nanotecnologias, o princípio da precaução deve ser adotado em sua forma ativa, incorporando os componentes citados e respeitando a liberdade de pesquisa e encorajando a inovação.

Apesar do apoio ao princípio da precaução, não faltam críticas ao mesmo, como aponta Stebbing<sup>9</sup>. Neste caso, a autora indica três pontos de crítica: (1) o fato de que a ‘precaução’ pode levar ao ‘medo do futuro’, pois poderia provocar um aumento na percepção dos riscos; (2) como a tecnologia pode ser vista como um instrumento de controle social, a aplicação de um enfoque de prevenção pode, inadvertidamente, reforçar as iniquidades sociais se não considerar o contexto de diferenças entre riscos e benefícios; (3) o princípio da precaução poderia causar paralisia (em relação ao avanço tecnológico) se as eventuais escolhas individuais sobre aceitação ou não de riscos (desconhecidos) fossem superestimadas. Finaliza sugerindo que as críticas apresentadas sejam respondidas com o estabelecimento precoce de valores sociais (em relação às nanotecnologias) obtidos pela discussão e engajamento público.

### Controle de Bandas (CB)

A abordagem de CB foi desenvolvida como uma ferramenta pragmática para auxiliar a realização da gestão de riscos em situações envolvendo substâncias químicas potencialmente perigosas, onde praticamente não se tem dados sobre a toxicidade destas substâncias<sup>5</sup>. Neste tipo de enfoque, os níveis de risco (faixas) são determinados em uma matriz (figura 1), em função da exposição e do perigo, classificando-se a situação em foco em um determinado grupo (faixa ou banda), de maneira que, para cada faixa haverá ações específicas para o controle dos riscos. Trata-se de metodologia qualitativa em que o risco não é mensurado, mas sim avaliado, prestando-se para condições onde exista muita incerteza, como é o caso dos impactos dos nanomateriais sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente.

Ao dispensar levantamentos quantitativos, normalmente mais dispendiosos, o enfoque de CB se adequa a operações de menor porte, como as realizadas em laboratórios de pesquisa ou às micro e pequenas empresas. Tendo surgido no âmbito da indústria farmacêutica<sup>5</sup>, a abordagem de CB expandiu-se para a indústria química, em geral e, mais recentemente, tem sido aplicada a novas tecnologias, especialmente às nanotecnologias. Normalmente, essas ferramentas se limitam a indicar uma faixa ou banda de risco para determinada operação e ações associadas para mitigar os riscos. Dessa forma, é indicado que essas ferramentas estejam inseridas em um conjunto maior de ações, para que possa se produzir a efetiva gestão do risco.

O uso genérico desta abordagem consistiria em classificar o produto, processo ou situação em sua respectiva faixa de perigo (baixo ou alto), assim como em sua faixa de exposição, igualmente baixa ou alta. O grupo de risco no qual este produto, processo ou situação seria enquadrado corresponderia à interpolação entre as respectivas faixas de perigo e exposição.

A ferramenta de CB apresenta algumas características. Não há uma limitação específica para o número de faixas tanto de risco como de exposição, o mesmo ocorrendo para o número de grupos de risco. Ainda que não haja uma limitação no número de faixas, uma quantidade grande determinaria igualmente muitos grupos de risco, o que poderia comprometer a facilidade com que a ferramenta seria utilizada.

No esquema genérico (quadro 1), o grupo de risco I representa um risco ‘baixo’, o grupo de risco II um grupo intermediário (risco ‘médio’), enquanto o grupo de risco III estaria relacionado ao risco ‘alto’. Para cada um destes 3 grupos, a ferramenta deve apresentar orientações para a mitigação ou controle do risco compatíveis com sua gravidade ou intensidade.

### Participação dos envolvidos no processo de SST

A participação de todos os envolvidos, em especial, dos trabalhadores, é apontada como essencial na condução dos processos de gestão de riscos advindos do trabalho e na promoção de um ambiente laboral saudável<sup>12,13</sup>. Desta forma, as metodologias para gestão de riscos que incluem a participação dos envolvidos na sua condução (e/ou na construção e implementação), não podem ser tomadas como um conjunto fecha-



Propostas analisadas Tipo de enfoque Tipo de avaliação País de origem / ano de publicação Princípios, estratégias e ações	Incluem CB								Abordagens "Control Banding (CB)"								
	Tyshenko (A risk management framework)	Tsuji (Risk assessment of nanoparticles)	DuPont Nano Risk Framework	ERNA	Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles	A abordagem britânica (BSI) A abordagem do Quebec	A abordagem alemã (BauA) A abordagem americana (NIOSH)	Proposta metodológica de ações para laboratórios	ANSES CB tool for nanoparticles	CB Nanotool 2.0	Working Safely with Engineered Nanomaterials	Stoffenmanager Nano 1.0	Precautionary matrix	Nanosafe	GoodNanoGuide	Nanosafe	GoodNanoGuide
Referência	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
<b>Tipo de enfoque da proposta</b>																	
Enfoque estratégico (define estratégias)	√	√	√	√													
Enfoque metodológico (define estratégias e ações)					√	√	√	√	√	√	√						
Enfoque pragmático (define apenas ações) => ferramenta CB												√	√	√	√	√	√
<b>Fornecer elementos para que tipo de avaliação de risco</b>																	
Apenas qualitativa	√	√	√	√	√					√	√	√			√		√
Qualitativa e quantitativa						√	√	√	√				√	√		√	
<b>País de origem da proposta ou da instituição do autor e ano de publicação</b>																	
País de origem	Canadá	EUA	EUA	Espanha	Irã	Reino Unido	Alemanha	Canadá	EUA	Brasil	França	EUA / Holanda	União Européia	Holanda	Suíça	Dinamarca	EUA / Canadá
Ano de publicação	2008	2006	2007	2009	2008	2007	2007	2009	2012	2012	2010	2008	2012	2012	2011	2011	2009
<b>Princípios, estratégias e ações envolvidas</b>																	
<b>Princípio da transparência</b>																	
Estratégias de implementação de políticas	↑		↑														
Escrita, clara e transparente										↑	↔						↔
Participação de todos								↔	↔	↑							
<b>Princípio da participação do público</b>																	
<b>Princípio da responsabilidade do produtor</b>																	
Estratégias focadas na organização	↑		↑														
Responsabilidade por prestar contas								↔		↑	↔						↑
Competência e capacitação						↔	↑	↑	↑	↑			↔				↑
Documentação						↑	↑	↑		↑	↑		↑				↑
Comunicação ampla								↔		↑							↑
<b>Princípio da precaução</b>																	
Estratégia de identificação do perigo	↑	↓	↓	↓													
Caracterização dos nanomateriais						↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
<b>Princípio de proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores</b>																	
<b>Princípio da proteção ambiental</b>																	
Estratégia de avaliação da exposição	↓	↓	↓	↓													
<b>Continua</b>																	

http://www.visaemdebate.inccqs.fiocruz.br/



Continuação														
Tipo de exposição (inalação, dérmica, ingestão)														
Monitoração de indicadores biológicos (vigilância médica)														
Monitoração ocupacional e ambiental														
Determinação do pessoal envolvido e possíveis exposições														
Estratégia de avaliação da toxicidade	↓	↓	↓	↓										
Estudos de toxicidade														
Determinação dos limites seguros de exposição														
Estratégia de caracterização do risco	↓	↓	↓	↓										
Cálculo de risco														
Extrapolação de modelos														
Hierarquização dos riscos														
Estratégia de gestão do risco (planejamento e implantação)	↓		↓	↓										
Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos														
Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos														
Rotulagem / armazenamento														
Limpeza / derramamento														
Transporte														
Destinação/ eliminação de resíduos														
Equipamentos de proteção individual														
Risco de fogo ou explosão com nanopartículas														
Estratégia de acompanhamento ou vigilância	↓		↓											
Monitoração														
Investigação (acidentes e incidentes)														
Continua														



Continuação								
Auditoria / revisão		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Análise crítica da administração				↑	↔	↑		↔
Estratégia de melhoria	↓							
Ação preventiva e ou corretiva		↑		↑	↔	↑	↑	↑
Melhoria contínua		↑		↑	↔	↑	↑	↔

√ = indicativo de pertencer à categoria  
 ↓ = estratégia referida  
 ↑ = ação com referência direta  
 ↔ = ação com referência implícita ou genérica

Nota: nas propostas estratégicas indica-se apenas a referência a estratégia presente já que por definição não há indicação de ações, exceto para a avaliação de toxicidade onde isto ocorre.

Fonte: Andrade e Amaral (2013)

Figura 1. Resumo descritivo e comparativo entre propostas de gestão de risco de nanomateriais

#### Quadro 1. Esquema genérico da uma matriz de *Control Banding*

Exposição perigo	Faixa de perigo 1 (baixo)	Faixa de perigo 2 (alto)
Faixa de exposição A (baixo)	Grupo de risco I (baixo)	Grupo de risco II (médio)
Faixa de exposição B (alto)	Grupo de risco II (médio)	Grupo de risco III (alto)

Fonte: autores deste documento

do de práticas, nem um pacote (modelo) a ser imposto<sup>14</sup>, mas cuja adoção integral ou parcial deverá passar pelo diálogo e negociação coletiva.

Neste contexto, o controle dos riscos laborais, deverá se constituir em um processo participativo de construção coletiva contínua. Segundo a *European Agency for Safety and Health at Work*<sup>15</sup>, a gestão bem-sucedida da segurança e saúde no trabalho exige que os trabalhadores sejam informados e consultados, e, principalmente, participem das discussões sobre todas as questões relativas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST). O relatório da ILO<sup>13</sup> aponta no mesmo sentido.

A participação deve ser entendida como um processo político e coletivo, que se exerce a autonomia na tomada de decisão e se reforça o empoderamento de trabalhadores por meio do diálogo e cooperação. É importante, portanto, que haja ambiente propício para que seja possível a participação de todos, bem como a análise de quais poderão ser os intervenientes no processo, tais como: aspectos econômicos, educacionais, informativos e afetivos em relação à situação para a qual se deseja a participação<sup>14</sup>. Se não é unânime a defesa da participação dos trabalhadores, há que se compreender sua relevância, mesmo na possibilidade de geração de conflitos. Se há que se resolver obstáculos e conflitos pela participação e transparência, não pela exclusão de quem sofre o risco, não se pode negar que participações se deem de modos diversos. Esta diversidade de entendimentos aponta para a existência de vários aspectos, como aqueles indicados por Bordenave<sup>16</sup>, resumidamente apresentados nos quadros 2 e 3.

Note-se que, *a priori*, não há um modelo de classificação melhor ou pior. O mesmo ocorre em relação à participação, em

si, ou seja, a 'construção em conjunto' não é necessariamente melhor ou pior do que a 'colaboração'. A situação em particular é que demandará qual o formato mais adequado a ser adotado. Desta forma, os critérios de classificação apresentados prestam-se tão somente para a melhor compreensão do fenômeno e, portanto, não se constituem em uma escala de valor.

A diversidade explicitada nos quadros 2, 3 e 4 remete à necessidade de ser definida de maneira mais objetiva que tipo, maneira, grau, nível e estilo de participação seriam os mais apropriados para a condução dos processos de SST nos ambientes de trabalho.

Santos<sup>17</sup>, citando Gandin, também, estabelece alguns níveis nos quais a participação pode ser exercida, como mostrado no quadro 4.

Além das características intrínsecas dos processos de participação, Bordenave<sup>16</sup> e Borba<sup>18</sup> apontam alguns princípios da participação que, embora, não tenham caráter dogmático, servem para apoiar e, eventualmente, orientar a adoção deste tipo de processo.

Segundo estes autores, os princípios da participação são:

- A participação é uma necessidade humana e, por conseguinte, constitui um direito da pessoa.
- A participação justifica-se por si mesma, não por seus resultados.
- A participação é um processo de desenvolvimento da consciência crítica e de aquisição de poder.
- A participação leva à apropriação do desenvolvimento pelo grupo.
- A participação é algo que se aprende e aperfeiçoa (embora seja uma necessidade humana, ela precisa ser aprendida).



- A participação pode ser provocada e organizada, sem que isso signifique necessariamente manipulação.
- A participação é facilitada com a organização e a criação de fluxos de comunicação.
- Devem ser respeitadas as diferenças individuais na forma de participar.
- A participação pode resolver conflitos, mas também pode gerá-los.
- Não se deve ‘sacralizar’ a participação: ela não é panacéia nem é indispensável em todas as ocasiões.

Esses autores apresentam alguns fatores condicionantes do processo de participação que tanto podem ser facilitadores

ou entraves à participação, dependendo de sua presença ou ausência e da maneira pela qual são abordados, entre eles: qualidades pessoais e diferenças entre os membros do grupo; a filosofia social (ou conjunto de valores) da instituição ou do grupo; a estrutura social; os condicionantes históricos; os limites derivados da complexidade e do tamanho de uma organização, grupo ou situação; a força das instituições sociais; a organização social informal; a convergência de objetivos; o acesso à informação; a realimentação; o diálogo (comunicação); falta de conhecimento, tempo e recursos financeiros não necessariamente nesta ordem e também não de forma mutuamente excludente.

Quadro 2. Algumas classificações da participação na tomada de decisões - parte 1

Tipos de participação		Descrição	
Microparticipação		É a associação voluntária de duas ou mais pessoas numa atividade comum na qual elas não pretendem unicamente tirar benefícios pessoais e imediatos.	
Macroparticipação		É a intervenção das pessoas nos processos de constituição ou modificação social, quer dizer, ‘na história da sociedade’. Para o caso deste trabalho a ‘sociedade’ teria como paralelo o grupo de trabalhadores envolvidos no processo participativo de controle de riscos.	
Maneiras de participação		Descrição	
De fato		Onde o fato de existir o grupo impele o indivíduo a fazer parte, ou seja, se trata da participação a que todos os seres humanos estão sujeitos a partir do momento em que decidiram viver ou estar em grupo.	
Espontânea		Neste caso, o indivíduo só participa em determinados grupos, por livre opção, como os grupos de vizinhos e amigos. Tais grupos não possuem organização e propósitos formais e estáveis.	
Imposta		Onde os indivíduos são obrigados a participar, seja por códigos morais ou por legislação.	
Voluntária		Onde o grupo é criado pelos próprios participantes que definem sua forma de organização, objetivos e métodos de funcionamento.	
Provocada		Onde a participação é impulsionada por um agente externo.	
Concedida		Acontece quando organizações e/ou agentes públicos conferem poder de decisão aos subordinados e/ou aos cidadãos.	
Graus de participação	Controle		Descrição
	D	M	
Informação/reação			Os membros do grupo são apenas informados sobre algo já posto. Exemplo: os trabalhadores são informados de que haverá o fechamento da unidade fabril dentro de um determinado tempo.
Consulta facultativa			Aos membros do grupo são solicitadas críticas e sugestões. Exemplo: caixa de sugestões dentro de uma empresa.
Consulta obrigatória			Os subordinados são consultados (por obrigação) mas a decisão é da administração. Exemplo: a negociação salarial entre empregadores e empregados.
Elaboração/recomendação			Processo de elaboração em que a negativa para a aceitação da recomendação posta deve vir acompanhada de justificativa por parte do tomador de decisão. Exemplo: sugestões feitas na empresa com retorno da administração.
Cogestão			Administração compartilhada por codecisão e colegiado. Exemplo: comitê de fábrica, ou especificamente o Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT).
Delegação			Autonomia em certos campos ou jurisdições. A autonomia pode ser cassada. Exemplo: a autonomia delegada pelo tomador de decisão para alguém.
Autogestão			Não há autoridade externa que possa, eventualmente, cassar o poder de decisão. Exemplo: empresas autogeridas por grupos de trabalhadores, cooperativas.

Legenda: o controle aumenta no sentido da seta. D = dirigente M = membro

Fonte: Baseado em Bordenave<sup>16</sup>.

**Quadro 3.** Algumas classificações da participação para tomada de decisões - parte 2

Níveis de importância da participação	Descrição
Nível 1 (maior importância da participação)	Formulação da doutrina e da política da instituição.
Nível 2	Determinação dos objetivos e estabelecimento das estratégias.
Nível 3	Elaboração de planos, programas e projetos.
Nível 4	Alocação de recursos e administração de operações.
Nível 5	Execução das ações.
Nível 6 (menor importância da participação)	Avaliação dos resultados.
Estilos de participação	Descrição
Superficial	Ocorre quando as ações são conduzidas por agentes externos, que se veem como detentores exclusivos do verdadeiro conhecimento e procuram impô-lo aos membros do grupo considerados ignorantes. Há pouco espaço para a participação efetiva.
Profunda	Quando o agente externo, se houver, identifica-se como 'igual' aos membros do grupo. Neste caso há o risco de se ignorar as relações de poder e liderança presentes no grupo.

Fonte: Baseado em Bordenave<sup>16</sup>.

Além dos condicionantes já citados, Bordenave<sup>16</sup> refere-se aos 'espaços de participação', tais como a família, a comunidade e o espaço de trabalho, sendo neste último que se insere a participação preconizada por este trabalho.

Pode-se afirmar, assim, que a participação na condução da gestão de riscos (ou de maneira mais abrangente, da SST) no ambiente de trabalho, deve ser, idealmente: macroparticipação (em relação ao tipo); provocada, ou preferencialmente, concedida (em relação à maneira); em cogestão ou delegação (em relação ao grau); de nível 1 para as questões de SST (em relação ao nível de importância); profunda (em relação ao estilo) e ser construção em conjunto (em relação aos níveis de exercício).

Com base nos princípios e condicionantes elencados, a participação deverá ser exercitada e promovida no ambiente

de trabalho, com a meta de fazer este espaço mais seguro e saudável. Uma administração aberta à participação efetiva nas questões de SST é aquela que oferece informações corretamente, ouve criteriosamente e consulta ativamente os envolvidos.

A ampla participação é um elemento chave para condução efetiva do controle dos riscos em atividades com nanomateriais. A literatura especializada apresenta outras referências a metodologias que incluem a participação dos envolvidos na condução de processo de SST como parte essencial de seu desenvolvimento. Kogi<sup>19</sup> coloca três destas ferramentas: (1) *Work Improvement in Small Enterprises* (WISE); (2) *Work Improvement in Neighbourhood Development* (WIND), um método para pequenos produtores rurais, e (3) *Participation-Oriented Safety Improvements by Trade Union Initiative* (POSITIVE) um programa para sindicatos. A esta lista pode-se agregar a proposta de Malchaire<sup>20</sup> *Screening, Observation, Analyse and Expertise* (SOBANE) e o documento *Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems* - ILO-OHS 2001<sup>12</sup>. Somam-se a estes as técnicas de ergonomia participativa, como as descritas por Nagamachi<sup>21</sup>.

Ainda que o tema da participação seja amplo e complexo, como antes exposto, as propostas analisadas limitam-se a indicar, quando o fazem, a necessidade da participação no processo de avaliação e controle de riscos ocupacionais. Na figura 1 (resumo da análise empreendida), apenas se indica a presença (direta ou indireta) ou ausência da indicação da participação sem levar em consideração seus eventuais condicionantes.

## Resultados e discussão

De acordo com a metodologia explicitada, a figura 1 apresenta um comparativo entre os documentos analisados. Cada ferramenta a seguir resumidamente descrita apresenta uma letra entre colchetes, que é sua referência na figura referida.

**Quadro 4.** Níveis de exercício da participação para tomada de decisões

Níveis de exercício da participação	Descrição
Colaboração	Neste nível a autoridade já definiu e decidiu e busca nos membros do grupo a legitimação da decisão tomada, ainda que seja pelo silêncio ou inércia do grupo.
Decisão	Neste nível a participação acontece como uma 'escolha entre alternativas'. Os aspectos mais amplos e fundamentais do processo não são alvo de análise. Um exemplo desse processo poderia ser aquele em que, diante de uma imposição legal ('o que fazer') que não poderá ser discutida, decide-se pelo 'como fazer'.
Construção em conjunto	Neste ponto todo o processo é efetivamente discutido e pactuado pelo grupo que precisa superar, para isso, suas eventuais divergências internas.

Fonte: Baseado em Santos<sup>17</sup>.



## Abordagens estratégicas

Dentre as abordagens estratégicas pode-se citar o trabalho de Tyshenco e Krewski<sup>22</sup> [A] (*A risk management framework for the regulation of nanomaterials*); que apresenta estrutura geral, em que se propõe conjunto de estratégias para a regulação da manipulação dos nanomateriais. A proposta visa, principalmente, um enfoque integrado e padronizado que facilite, no futuro, a quebra de eventuais barreiras comerciais. Por ter como objetivo a criação e uma estrutura de regulação e não o controle específico de uma atividade, a proposta, mesmo nas especificações das estratégias, é genérica.

A avaliação de risco das nanopartículas proposta por Tsuji et al.<sup>23</sup> [B] (*Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles*) é parte de um conjunto maior de estratégias de pesquisa para a avaliação segura de nanomateriais. Detém-se com maior riqueza de detalhes nas formas de exposição e seus possíveis efeitos adversos à saúde humana. A estrutura de avaliação de risco é mais concisa.

*The Nano Risk Framework* [C], é proposta desenvolvida em parceria da DuPont com a Environmental Defense<sup>24</sup> (EUA), e destina-se a fornecer uma estrutura genérica para a gestão dos riscos associados às nanotecnologias, especialmente, aqueles ligados a possíveis prejuízos causados por produtos contendo nanopartículas, sendo mais adequada a grandes corporações. Contém os macroelementos de um sistema de gestão, incluindo a indicação de testes de nanotoxicologia (provavelmente seu grande diferencial em relação às demais), além de incluir a preocupação com o conceito de ciclo de vida do produto.

A *Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales - ERNA* [D], proposta por Anton<sup>25</sup>, é proposição basicamente apoiada nos métodos convencionais de avaliação de risco com a incorporação de uma análise de incertezas como forma de mitigar as lacunas de conhecimento sobre os efeitos das nano partículas sobre a saúde daqueles que as manipulam.

## Abordagens metodológicas

Seis propostas foram classificadas como tendo enfoque metodológico, sendo que três delas incluem, além de estratégias, ações definidas pelo emprego da metodologia de controle de bandas. As propostas metodológicas são:

Amoabediny et al.<sup>26</sup> [E] apresentaram o trabalho *Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles*, que contém estratégias gerais e, por isso, foi classificada como proposta metodológica, apesar de não fazer menção a vários outros pontos relevantes. Há que se considerar, ainda, que, diante das demais propostas, esta é mais antiga; o que certamente pode explicar algumas lacunas, tais como a falta de engajamento dos demais envolvidos na construção da proposta e caracterização superficial dos nanomateriais.

A abordagem britânica [F] (*British Standards*<sup>27</sup>) apresenta conjunto de estratégias e ações específicas para o controle e gestão dos riscos associados aos nanomateriais. Diferentemente de outras opções, cuja avaliação é apenas qualitativa, esta

norma indica aparelhos e metodologias que permitem a análise quantitativa de nanopartículas, bem como aponta alguns limites de exposição para estes materiais.

*O Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace*, do Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional Alemão (*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA*)<sup>28</sup> [G], é relativamente genérica e dedica especial atenção à possível contaminação por nanomateriais pela inalação. Embora indique alguns métodos de avaliação quantitativa, não fornece maiores elementos quanto aos limites ou metodologias a serem aplicadas.

Como exemplos de propostas metodológicas, que incluem a metodologia de CB, pode-se indicar ainda a abordagem do Quebec [H] *Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management*, apresentada por Osteguy et al.<sup>1</sup>, que propõe enfoque abrangente indicando tanto estratégias gerais para a gestão de riscos associados aos nanomateriais, como abordagem do tipo CB, baseada e referenciada no trabalho de Paik et al.<sup>3</sup>. Esta proposta, também, referenciada como *Quebec approach*, parece bastante completa, o que pode ser evidenciado na figura 1.

A abordagem do *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*<sup>29</sup> [I], denominada *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories* é abrangente. Parte do pressuposto de que existe um sistema maior de controle e gestão de riscos na organização, ao qual as orientações nanoespecíficas irão se somar. Desta maneira, uma série de ações e enfoques está subentendida neste documento por fazerem parte do sistema geral. Além das orientações genéricas, a proposta indica o uso do enfoque de CB como parte integrante das ações de controle de riscos dos nanomateriais.

Integrando este grupo de enfoques, insere-se também o trabalho apresentado por Andrade e Amaral<sup>30</sup> [J] *Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities*. Esta metodologia apresenta um fluxograma simplificado para a caracterização dos nanomateriais, mas em contrapartida, oferece uma série de sugestões de controle em diversas operações especificadas e estratificadas, como limpeza do local, rotulagem e descarte. O grande diferencial desta proposta é incluir as diretrizes da OIT para sistemas de gestão e, neste sentido, preconiza a participação ativa de todos os envolvidos e não apenas do pessoal técnico, assim como o envolvimento obrigatório da administração na condução da gestão de riscos dos nanomateriais.

Além das abordagens metodológicas supracaracterizadas, pode-se citar o enfoque francês da *Agence National de Sécurité Sanitaire, de L'alimentation, de L'environnement et du Travail*<sup>31</sup>, *Control Banding Tool for Nanoparticles* [K]. Embora Brouwer<sup>5</sup> considere esta abordagem apenas como ferramenta de CB, entende-se que é mais ampla, pois contém elementos de sistema de gestão (planejamento, implantação e operação, verificação e ação corretiva, revisão da gestão). Em função disto, caracterizou-se o enfoque como do tipo metodológico.

4.3 Abordagens pragmáticas tipo Controle de Bandas - CB



Ao dispensar levantamentos quantitativos, normalmente mais dispendiosos, o enfoque de CB é adequado a operações de menor porte, como as realizadas em laboratórios de pesquisa ou às micro e pequenas empresas. Normalmente, essas ferramentas se limitam a indicar uma faixa (banda) de risco para determinada operação e ações associadas para mitigar riscos. Como seria de se esperar, essas ferramentas precisam estar inseridas em conjunto maior de ações para que possa se produzir efetiva gestão do risco.

Brouwer<sup>5</sup> indica seis ferramentas baseadas na metodologia de CB, 1) *Precautionary matrix*<sup>4</sup>; 2) *CB Nanotool 2.0*<sup>3</sup>; 3) *Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts*<sup>32</sup>; 4) *Stoffenmanager Nano 1.0*<sup>33</sup>; 5) *ANSES CB tool for nanoparticles*<sup>31</sup> e, 6) *Nanosafes*<sup>34</sup>. Entende-se que deve ser acrescentada nesta categoria a proposta *Goodnanoguide*<sup>35</sup>.

Uma das primeiras aplicações da metodologia de CB às nanotecnologias (*CB Nanotool*)<sup>3</sup> [L] foi proposta por Paik et al.<sup>3</sup>, que classifica uma determinada operação com nanomateriais em quatro níveis de risco. Esta classificação baseia-se na interpolação entre um escore de gravidade, obtido por algumas características físico-químicas das nanopartículas e sua toxicidade (ou do material em escala macro, na falta de informações específicas do nanomaterial) versus um escore de probabilidade que leva em conta a quantidade de material utilizado, frequência e duração das operações, número de pessoas envolvidas e a pulverulência do material. Embora possa se basear em informações quantitativas para a composição dos escores, é possível fazer uso da ferramenta sem a necessidade de efetuar qualquer tipo de mensuração.

O *Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees*<sup>32</sup> [M], apresenta metodologia que, embora de base qualitativa, permite avaliações quantitativas do ambiente de trabalho, incluindo a indicação de limites de exposição. As atividades são enquadradas em três níveis de controle, baseados na interpolação entre “categorias de exposição” e “categorias de perigo”. A categoria de exposição é definida pela avaliação da possibilidade de emissão de nanopartículas, enquanto a categoria de perigo define-se por características dos nanomateriais, como biopersistência e forma.

A ferramenta *Stoffenmanager Nano 1.0*<sup>33</sup> [N], é um aplicativo disponível na Internet que, segundo seus autores, não demandam conhecimentos específicos sobre SST para sua utilização. *Stoffenmanager Nano 1.0*<sup>33</sup> é uma adaptação para nanopartículas de um sistema genérico de mesmo nome, para o qual o usuário poderá ser remetido em algumas situações. No entanto, em situações em que não há informações sobre as nanopartículas, este sistema classifica o perigo pelos dados da substância macro, desta forma classificando as nanopartículas em faixas de perigo. A exposição é definida por uma série de 14 multiplicadores que, combinados, permitem a determinação da faixa de exposição. Estes multiplicadores dizem respeito à quantidade de material, pulverulência, formas de manipulação, tipos de processo, existência de equipamentos de proteção coletiva (EPCs) e equipamentos de proteção indi-

vidual (EPIs), etc. A interpolação entre as faixas de perigo e as de exposição permite enquadrar a situação em três grupos de priorização de riscos.

*Precautionary matrix*<sup>4</sup> [O], é uma ferramenta que permite gerar escore que determina duas classes de risco. Os principais parâmetros para definição do escore são a relevância do material (com base no tamanho e características da partícula), condições específicas de uso e potenciais efeitos de exposição ao homem. O uso destes parâmetros indica a necessidade de pessoal especializado para implementar a ferramenta. Ponto que merece destaque é o uso do conceito de meia-vida no que concerne à estabilidade dos nanomateriais. O *Nanosafes*<sup>34</sup> [P] é proposta com foco em nanopartículas dispersas no ar, baseado na pulverulência dos nanomateriais. Aponta para a necessidade de medições no local de trabalho, incluindo dados quantitativos. Em oposição, encontra-se o *Goodnanoguide*<sup>35</sup> [Q], que é ferramenta com enfoque bastante simplificado, permitindo seu uso progressivo em três níveis: básico, intermediário e avançado.

Calculou-se escore para cada uma das propostas, sendo que a figura 2 apresenta as propostas classificadas do maior ao menor escore. O escore foi definido atribuindo-se dois pontos para cada ocorrência com símbolo ↑ na figura 1 e um ponto para cada ocorrência com símbolo ↔. Para ação não referida, não se atribuiu pontuação. Assim, proposta que fizesse referência direta a todas as 30 ações receberia escore equivalente a 60 (2 pontos para cada uma das 30 referências). As quatro propostas classificadas como estratégicas (referências A, B, C e D, no texto) não foram incluídas neste escore porque, por serem estratégicas, não incluem referências diretas às ações.

Cabe apontar que o fato de uma proposta obter escore maior do que outra não determina, *a priori*, qualidades diversas. Isto porque o valor de uma ação depende mais do foco e abrangência para as quais a proposta foi desenvolvida.

Como já referido, as propostas A, B, C e D por serem estratégicas não fazem referências às ações e, portanto, foram excluídas deste escore.

## Conclusões

O conjunto de 17 propostas analisadas não converge para uma abordagem de consenso, ainda que a base teórica de todas elas seja a mesma, como explicita o relatório da ANSES<sup>31</sup>. De maneira geral, todas fazem referência ao processo de identificação dos perigos, de avaliação da exposição, da definição dos riscos, passando à eliminação, substituição ou controle dos mesmos por meio de medidas técnicas ou organizacionais.

A solubilidade, labilidade e pulverulência, além da forma das nanopartículas, são fatores importantes mais do que a quantidade de material envolvido, indicando que, para nanomateriais, outras métricas deverão ser adotadas, ainda que, neste momento, não haja consenso sobre quais devem ser utilizadas para caracterizar os riscos advindos dos nanomateriais.

Neste cenário, o enfoque de CB se sobressai entre os documentos analisados. A explicação pode repousar no fato



Propostas	Referência no texto	Referência direta (↑)		Ref. implícita ou genérica (↔)			(vazio) sem ocorrência	Total do escore (max. 60)	% sobre total	
		Número de ocorrências	Escore (max. 60)	% sobre 60	Número de ocorrências	Escore (max. 60)				% sobre 60
Proposta metodológica de ações para laboratórios	J	22	44	73,3	4	4	6,7	4	48	80,0
A abordagem do Quebec	H	20	40	66,7	6	6	10,0	4	46	76,7
GoodNanoGuide	Q	19	38	63,3	4	4	6,7	7	42	70,0
A abordagem britânica (BSI)	F	19	38	63,3	0	0	0,0	11	38	63,3
A abordagem americana (NIOSH)	I	12	24	40,0	7	7	11,7	11	31	51,7
ANSES CB tool for nanoparticles	K	8	16	26,7	6	6	10,0	16	22	36,7
Working Safely with Engineered Nanomaterials	M	7	14	23,3	5	5	8,3	18	19	31,7
Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles	E	8	16	26,7	1	1	1,7	21	17	28,3
A abordagem alemã (BµA)	G	6	12	20,0	3	3	5,0	21	15	25,0
Stoffenmanager Nano 1.0	N	6	12	20,0	2	2	3,3	22	14	23,3
Nanosafer	P	6	12	20,0	2	2	3,3	22	14	23,3
CB Nanotool 2.0	L	5	10	16,7	2	2	3,3	23	12	20,0
Precautionary matrix	O	5	10	16,7	2	2	3,3	23	12	20,0

Figura 2. Escore indicativo das referências às ações em cada proposta

de que se não é sabido o que exatamente se deve medir (e de como fazê-lo): é lícito esperar que uma metodologia que dispense as mensurações, como é o caso do enfoque de CB, tenha maior vulto.

Na mesma linha, diante de um panorama de incertezas, o princípio da precaução se destaca como lugar comum em muitas das propostas analisadas. Parece acertado que isto ocorra considerando os muitos casos passados em que situações potencialmente perigosas não foram tratadas como tal, gerando com isto graves prejuízos à saúde dos envolvidos, assim como enormes perdas econômicas. Como exemplo destas situações é possível citar os casos do asbesto, da radioatividade, pela substituição do chumbo no combustível pelo éter metil terciário butílico (*methyl tert - butyl ether - MTBE*), entre outras, como mencionado no relatório “Lições tardias dos avisos precoces: o princípio da precaução 1896-2000” (em tradução livre)<sup>36</sup> disponibilizado pela Agência Ambiental Europeia.

Em que pese o fato de questões relacionadas à saúde terem imensa importância, a falta de um acordo sobre como os nanomateriais deverão ser tratados impacta outros setores como o direito, a ética e o comércio internacional. A inclusão de múltiplos atores (indústria, governo, seguradoras,

comércio, academia, organizações de padronização, mídia, consumidores e público, em geral) é apontada por muitos como essencial.

Embora a discussão sobre os riscos advindos das nanotecnologias já aconteça há alguns anos, como se pode identificar pelas referências citadas, van Noorden<sup>37</sup> indica haver falta de segurança em laboratórios com atividades de nanotecnologia. Isto impõe que se trate de forma prioritária o tema aqui abordado. Há urgente necessidade de se obter diretrizes claras neste contexto, não só pela saúde dos trabalhadores, mas, também, pela segurança jurídica e econômica indispensáveis ao progresso e avanços científicos e tecnológicos.

### Referências

- Ostiguy C, Roberge B, Ménard L, Endo C-A. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management - Report R-599. Québec: IRSST; 2009.
- Andrade LRB, Amaral FG. Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities. Work 2012; 41 Supl 1:3174-80.



3. Paik SY, Zalk DM, Swuste P. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. *Ann Occup Hyg.* 2008; 52(6):419-28.
4. Höck J, Epprecht T, Hofmann H, Höhner K, Krug H, Lorenz C, Limbach L, Gehr P, Nowack B, Riediker M, Schirmer K, Schmid B, Som C, Stark W, Studer C, Ulrich A, von Götz N, Wengert S, Wick P. Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials - Version 2.1. Berna; 2011 [acesso em 5 set. 2012]. Disponível em: [http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCHd3x9g2ym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A](http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCHd3x9g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A).
5. Brouwer DH. Control banding approaches for nanomaterials. *Ann Occup Hyg.* 2012;56(5):506-14.
6. HSE. The technical basis for COSHH Essentials: easy steps to control chemicals. Sudbury: HSE Books; 1999.
7. International Center for Technology Assessment (ICTA). Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials. 2007 [acesso em 5 de Nov 2013]. Disponível em: [http://www.icta.org/files/2012/04/080112\\_ICTA\\_rev1.pdf](http://www.icta.org/files/2012/04/080112_ICTA_rev1.pdf)
8. Marchant GE, Sylvester DJ, Abbott KW. Risk Management Principles for Nanotechnology. *Nanoethics.* 2008;2(1):43-60.
9. Stebbing M. Avoiding the trust deficit: public engagement, values, the precautionary principle and the future of nanotechnology. *J Bioeth Inq.* 2009;6(1):37-48.
10. Organização das Nações Unidas. Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento [Internet]. 1992. [acesso em 16 set. 2013]. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>.
11. Sudarenskov V relator. Nanotechnology: balancing benefits and risks to public health and the environment. Strasbourg: Council of Europe, Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development; 2013.
12. Fundacentro. Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho; 2005.
13. Organização Internacional do Trabalho. Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho: um instrumento para uma melhoria contínua. Turim: OIT; 2011.
14. Rodrigues CL, Meira MLR, de Souza AM, Oliveira RE. Desafios e estratégias voltados a promover a participação social na recuperação florestal. 2007 [acesso em 9 maio 2013]. Disponível em [http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/forum%20app/20071\\_Desafios\\_Carmem\\_ESALQ.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/forum%20app/20071_Desafios_Carmem_ESALQ.pdf).
15. Walters D, Wadsworth E, Marsh K, Davies R Lloyd-Williams H. Worker representation and consultation on health and safety: an analysis of the findings of the European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER). Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work; 2012.
16. Bordenave JED. O que é participação? Coleção Primeiros Passos. São Paulo: Brasiliense, 1994.
17. Santos JC. Processo de participação como alternativa política para a transformação social. 2004. (Série Sociedade Solidária. Vol. 1) [acesso em 9 maio 2013]. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/35332609/PROCESSO-DE-PARTICIPACAO-COMO-ALTERNATIVA-POLITICA-PARA-A-TRANSFORMACAO-SOCIAL>.
18. Borba J. Ciência Política. Florianópolis: SEad/UFSC; 2006. [acesso em 9 maio 2013]. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/35966106/11/Tipos-de-participacao>.
19. Kogi K. Work Improvement and Occupational Safety and Health Management Systems: Common Features and Research Needs. *J Ind Health.* 2002;40:121-33.
20. Malchaire J. Estratégia geral de gestão dos riscos profissionais SOBANE: método de diagnóstico preliminar participativo dos riscos DEPARIS. Bruxelas: Universidade Católica de Louvain; 2003.
21. Nagamachi M. Requisites and practices of participatory ergonomics. *Int J Ind Ergonomics.* 1995;15(5):371-7.
22. Tyshenko MG, Krewski D. A risk management framework for the regulation of nanomaterials. *Int J Nanotech.* 2008;5(1):143-60.
23. Tsuji JS, Maynard AD, Howard PC, James JT, Lam C-W, Warheit DB, Santamaria AB. Forum Series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: risk assessment of nanoparticles. *Toxicol Science.* 2006;89(1):42-50.
24. Dupont e Environmental Defense. Nano Risk Framework. 2007.
25. Anton JMN. La Nanotoxicología y la Evaluación del riesgo de las nanopartículas artificiales y la Salud: nanotoxicology and risk assessment of the NA and health. *Segur Medio Amb.*, 2009;114:6-16.
26. Amoabediny GH, Naderi A, Malakootikhah J, Koohi MK, Mortazavi SA, Naderi M, Rashedi H. Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles. International Conference on safe production and use of nanomaterials: nanosafe 2008. *J Phys Conf Ser.* 2009;170.
27. British Standards. PD6699-2:2007: Nanotechnologies - part 2: guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. London; 2007.
28. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Guidance for handling and use of nanomaterials at the workplace. Berlin; 2007.
29. National Institute for Occupational Safety and Health. General safe practices for working with engineered nanomaterials in research laboratories. 2012 [acesso em 24 set. 2012]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/pdfs/2012-147.pdf>.
30. Andrade LRB, Amaral FG. Proposals for risk management in nanotechnology activities. In: Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, editores. Occupational Safety and Hygiene. London: Taylor & Francis Group; 2013. p.573-8.
31. Agence National de Sécurité Sanitaire, de L'alimentation, de L'environnement et du Travail. Development of a spe-



- cific control banding tool for nanomaterials - report. 2010 [acesso em 5 set. 2013]. Disponível em: <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>.
32. European Commission. Working safely with engineered nanomaterials and nanoproducts - a guide for employers and employees: version 4.2. [acesso em 4 set. 2012]. Disponível em [http://www.rpaltd.co.uk/documents/J771\\_Nano-WorkSafetyGuidancev4.2\\_publ.pdf](http://www.rpaltd.co.uk/documents/J771_Nano-WorkSafetyGuidancev4.2_publ.pdf).
  33. Duuren-Stuurman BV, Vink SR, Verbist KJM, Heussen HGA, Brouwer DH, Kroese DED, Niftrik MFJ, Tielemans E, Fransman W. Stoffenmanager Nano Version 1.0: a web-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects. *Ann Occup Hyg.* 2012, 56(5):525-41.
  34. Nanosafer. 2011 [acesso em 5 nov. 2013]. Disponível em: <http://nanosafer.i-bar.dk/>
  35. GNG Community. Goodnanoguide [Internet]. 2009 [acesso em 25 set. 2012]. Disponível em: [www.goodnanoguide.org](http://www.goodnanoguide.org).
  36. Harremoës P, Gee D, MacGarvin M. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Copenhagen: European Environmental Agency; 2001.
  37. Van Noorden R. Safety survey reveals lab risks. *Nature.* 2013;493(7430):9-10.

Data de recebimento: 30/7/2013

Data de aceite : 11/11/2013