

Propostas para gestão de riscos em nanotecnologias

Luís Renato Balbão Andrade e Fernando Gonçalves Amaral - 2013

Apresentado originalmente em inglês sob o título “Proposals for risk management in nanotechnology activities”, SHO2013 – International Symposium on Occupational Safety and Hygiene. Guimarães, Portugal 2013.

1. INTRODUÇÃO

A manipulação de nanomateriais apresenta enormes desafios para a gestão de riscos. Se por um lado as nanotecnologias estão cada vez mais presentes em pesquisas e na produção de novos materiais, por outro lado faltam dados sobre quais são os impactos destes novos materiais sobre a saúde humana e sobre 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 (Ostiguy et. al. 2009, Andrade & Amaral, 2012, Paik et. al. 2008, Höck J. et. al. 2012, entre outras).

Paik et. al. (2008) salienta que a abordagem tradicional da Higiene Ocupacional (HO) para o controle de 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.

As premissas acima citadas para a HO encontram barreiras para serem adotadas nos casos em que o contaminante é formado por nanopartículas em função das lacunas de conhecimento sobre vários aspectos destes materiais, tais como, a métrica que melhor represente o perigo de contaminação, os níveis de contaminação e os limites de exposição como indicado por Paik et. al. (2008).

Brouwer (2012) realizou uma comparação de algumas abordagens permitindo entender a complexidade do problema e seus diferentes objetivos e estruturas. Deste estudo, pode-se depreender que as dificuldades em trabalhar com os nanomateriais estão relacionadas às métricas a serem utilizadas, tanto na caracterização do perigo quanto da exposição. O trabalho de Brouwer (2012) baseou-se essencialmente em propostas que empregaram a metodologia de Control Banding (CB), que se constitui em uma abordagem derivada da iniciativa do UK Health and Safety Executive de 1999 intitulada “Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials Model”. 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. Assim, este trabalho procura oferecer uma visão ampla e comparativa entre 17 propostas presentes na literatura que foram analisadas com base em suas principais características.

2. 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 uma 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 indica 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) o enfoque estratégico que define de maneira geral "o que fazer" (a estratégia) e não "como fazer" (as ações); 2) o 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 (2012).

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”, (2007). Estes princípios são mencionados e descritos como sendo aqueles necessários à regulação de atividades com nanomateriais são: 1) princípio da precaução, 2) regulação nano específica compulsória, 3) 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 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 nano específica. Da mesma forma, nenhuma das propostas inclui estratégias ou ações para amplos impactos (éticos, sócio econômicos, etc.) tendo em conta que estes devem ser previstos ou abordados com outras ferramentas de maior alcance.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia explicitada, a tabela 1 apresenta um comparativo com as principais características das propostas e ferramentas analisadas que são a seguir resumidamente descritas. Cada ferramenta apresenta uma letra entre colchetes que é sua referência na referida tabela.

3.1. Abordagens estratégicas

Dentre as abordagens estratégicas pode-se citar o trabalho de Tyshenko e Krewski (2008) [A], “A risk management framework for the regulation of nanomaterials”; que apresenta uma estrutura geral, propondo um conjunto de estratégias para a regulação da manipulação dos nanomateriais. Bastante abrangente 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. (2006) [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. Especificamente 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 (2007) [C], é uma proposta desenvolvida em parceria da DuPont e da Environmental Defense, e destina-se a fornecer uma estrutura genérica para a gestão dos riscos associados à nanotecnologias especialmente aqueles ligados a possíveis prejuízos causados por produtos contendo nanopartículas, sendo mais adequada à grandes corporações. Contém os macros elementos de um sistema de gestão incluindo a indicação de testes de nanotoxicologia (provavelmente seu grande diferencial em relação aos demais) além de incluir a preocupação com o conceito de “ciclo de vida” do produto.

A contribuição espanhola “Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales – ERNA” [D], proposta por Anton (2009) é uma 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.

3.2. Abordagens metodológicas

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

Amoabediny et al. (2008) [E] apresentaram o trabalho “Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles” este documento contém algumas estratégias gerais e, por isso, foi classificada como uma 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 Standard-BSI “Safe Handling Nanomaterials – PD 6699-2:2007”) apresenta um 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 permite a análise quantitativa de nanopartículas, bem como aponta alguns limites de exposição para estes materiais.

Outra abordagem, do Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional Alemão [G] (“Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA”) de 2007, intitulada “Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace” 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 “Control Banding”, pode-se indicar ainda abordagem do Quebec [H] “Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management”, apresentada por Osteguy et al. (2009), que propõe um enfoque abrangente indicando tanto estratégias gerais para a gestão de riscos associados aos nanomateriais, bem como uma abordagem do tipo “Control Banding”, baseada e referenciada no trabalho de Paik et. al. (2008), CB Nanotool.

A abordagem do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [I], denominada “General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories” (2012) é bastante abrangente. Parte do pressuposto de que existe um sistema maior de controle e gestão de riscos na organização, no 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 “Control Banding” 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 (2012) [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 supra caracterizadas, pode-se citar ainda o enfoque francês ANSES Control Banding Tool for Nanoparticles [K]. Embora Brouwer (2012), considere esta abordagem francesa apenas como ferramenta de “Control Banding”, entende-se que a mesma é mais ampla, pois contém alguns elementos de um sistema de gestão (planejamento, implantação e operação, verificação e ação corretiva, revisão da gestão). Em função disto, este enfoque é caracterizado como do tipo metodológico, sendo digno de nota o fato de seus autores indicarem a necessidade de pessoal especializado para implementar este método.

3.3. Abordagens pragmáticas tipo “Control Banding – CB”

A metodologia de “Control Banding” foi desenvolvida como uma ferramenta pragmática para realizar a gestão de riscos em situações envolvendo substâncias químicas potencialmente perigosas, onde praticamente não se tem dados sobre a toxicidade destas substâncias (Brouwer, 2012). Neste tipo de enfoque, os níveis de risco (faixa) são determinados em função da exposição e do perigo, classificando 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 então de uma metodologia totalmente qualitativa em que o risco não é medido, mas sim avaliado, prestando-se assim 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 “Control Banding” adequa-se 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, conforme destacado por Brouwer (2012), a abordagem de “Control Banding” expandiu-se para a indústria química em geral e, mais recentemente, tem sido aplicada a novas tecnologias, especialmente às nanotecnologias. Normalmente estas ferramentas limitam-se a indicar uma faixa ou banda de risco para determinada operação e ações associadas para mitigar estes riscos. Desta forma, como seria de se esperar, estas ferramentas precisam estar inseridas em um conjunto maior de ações para que possa se produzir a efetiva gestão do risco.

Brouwer (2012) indica seis ferramentas baseadas na metodologia de “Control Banding”, 1) Precautionary matrix; 2) CB Nanotool 2.0; 3) Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts; 4) Stoffenmanager Nano 1.0; 5) ANSES CB tool for nanoparticles e, 6) Nanosafer. Embora o autor não tenha considerado, além destas, pode-se ainda incluir nesta categoria a proposta “GoodNanoGuide” (2009).

Uma das primeiras aplicações da metodologia de “Control Banding” às nanotecnologias (CB Nanotool) [L] foi proposta por Paik et. al. (2008), 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 medida.

O guia da União Européia [M] (2012), “Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts – A Guide for Employers and Employees”, apresenta uma metodologia que, embora seja de base qualitativa, apresenta elementos permitindo 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” *versus* “categoria de perigo”. A categoria de exposição é definida pela avaliação da possibilidade de emissão de nanopartículas, enquanto a categoria de perigo define-se por algumas características dos nanomateriais como biopersistência e forma.

A ferramenta Stoffenmanager Nano 1.0 [N], apresentada por Duuren-Stuurman et al. (2012) é um aplicativo disponível na Internet e, segundo seus autores, não há necessidade de conhecimentos específicos sobre segurança e saúde no trabalho para sua utilização. Stoffenmanager Nano 1.0 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, por sua vez, 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, EPCs e 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 [O], (Hök et al., 2011), é uma ferramenta que permite gerar um escore que determina duas grandes classes de risco. Os principais parâmetros para definição do escore são a nano-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. Além disso, um ponto que merece destaque é o uso do conceito de meia-vida no que concerne à estabilidade dos nanomateriais. Já o Nanosafer (2011) [P] trata-se de uma proposta com foco em nanopartículas dispersas no ar, baseado por corolário, na pulverulência dos nanomateriais. Aponta também para a necessidade de medições no local de trabalho, incluindo dados quantitativos. Em oposição, encontra-se o GoodNanoGuide (2009) [Q], que é uma ferramenta com enfoque bastante simplificado permitindo seu uso progressivo em três níveis: básico, intermediário e avançado.

4. 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 (2010). 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 não haja consenso sobre quais métricas que devem ser utilizadas para caracterizar os riscos dos nanomateriais, a adoção do princípio da precaução e do enfoque de “control banding” se sobressai entre os documentos analisados.

Muito ainda há que ser feito no sentido de obter um padrão para definir e caracterizar os riscos decorrentes da fabricação e uso de nanomateriais, desde estudos de nanotoxicologia até a discussão social dos impactos destas novas tecnologias no tecido social e, em especial pelo foco deste artigo, sobre o mundo do trabalho.

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.

Neste sentido, 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.

Há urgente necessidade de se obter este consenso, não só pela segurança da saúde ocupacional, mas também pela segurança jurídica e econômica indispensáveis ao progresso e avanço tecnológicos.

5. AGRADECIMENTOS

Aos colegas das instituições envolvidas (Fundacentro/Ministério do Trabalho e Emprego e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS), assim como às próprias entidades pelo apoio e incentivo.

6. REFERÊNCIAS

- Amoabediny, Gh., Naderi, A., Malakootikhah, J., Koohi, MK., Mortazavi, SA., Naderi, M. and Rashedi, H. Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles. (2008). *International Conference on safe production and use of nanomaterials – Nanosafe 2008. Journal of Physics: Conference Series* 170 (2009). DOI: 10.1088/1742-6596/170/1/012037.
- Andrade, L.R.B and Amaral, F.G. Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities. (2012). *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, v.41, supplement 1/2012, 3174-3180.
- Anton, J.M.N. La Nanotoxicología y la Evaluación del riesgo de las nanopartículas artificiales y la Salud (2009) [Nanotoxicology and Risk Assessment of the NA and Health]. *Seguridad y Medio Ambiente*; 114, 6-16.
- British Standards. PD6699-2:2007. Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials.
- Brouwer, D.H. Control Banding Approaches for Nanomaterials. (2012). *British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg.*, 56, n. 5, 506–514. DOI:10.1093/annhyg/mes039.
- Dupont and Environmental Defense. Nano Risk Framework (2007).
- Duuren-Stuurman, B.V.; Vink, S.R., Verbist, K.J.M., Heussen, H. G. A., Brouwer, D.H., Kroese, D.E.D., Niftrik, M.F.J.V., Tieleman, E. and Fransman, W. Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritization of Airborne Manufactured Nano Objects. (2012). *British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg.*, vol. 56, no. 5, pp. 525–541. DOI:10.1093/annhyg/mer113.
- French agency for food, environmental and occupational health & safety (ANSES). Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials - Report. (2010). Retrieved September 5, 2012, from <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>.
- Germany (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA). Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace. (2007).
- GoodNanoGuide (2009). Retrieved September 25, 2012 from www.goodnanoguide.org.
- Höck J., Epprecht T., Furrer E., 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., Weber A., Wengert S. and Wick P. (2011). Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials. *Federal Office of Public Health and Federal Office for the Environment*, Berne(Swiss). Version 2.1. Retrieved September 5, 2012 from http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6lONTU042l2Z6lnlad1lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCHd3x9g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--
- International Center for Technology Assessment (ICTA). (2007). Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials. Retrieved October 2, 2012, from http://www.cleanproduction.org/library/Principles_Nano_finaldesign.pdf/
- Nanosafes (2011). Retrieved September 5, 2012, from <http://nanosafes.i-bar.dk/>.
- Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L., and Endo, C. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599. (2009). *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)*, Québec, Canada.
- Paik, S.Y., Zalk, D.M. and Swuste, P. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. (2008). *British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg.*, vol. 52, no. 6, pp. 419–428. DOI:10.1093/annhyg/men041.

- Tsuji, J. S., Maynard, A. D., Howard, P. C., James, J. T., Lam, C., Warheit, D. B., and Santamariak, A. B. (2006). FORUM SERIES Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. *Toxicological sciences*; 89(1), 42–50.
- Tyshenco, M.G. and Krewski, D.A. (2008). A risk management framework for the regulation of nanomaterials. *International Journal Nanotechnology*, vol 5, issue 1, 143-160.
- União Europeia. Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees. (versão 4.2 – August 2012). Retrieved September 4, 2012 from http://www.rpaltd.co.uk/documents/J771_NanoWorkSafetyGuidancev4.2_publ.pdf.
- US/ Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories. (2012). Retrieved September 24, 2012 from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/pdfs/2012-147.pdf>.

Tabela 1 - Descritivo e comparativo entre propostas

Agrupamento em relação à metodologia CB (Control Banding)								Não incluem CB							Incluem CB				Abordagens "Control Banding (CB)"							
Referência no texto								A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
Tipo de enfoque Tipo de avaliação País de origem / ano de publicação Princípios, estratégias e ações	Propostas analisadas							Tyleno (A risk management framework)	Tanji (Risk assessment of nanoparticles)	DuPont Nano Risk Framework	ERNA	Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles	A abordagem britânica (BSI)	A abordagem alemã (BaqA)	A abordagem do Quebec	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		
	Tipo de enfoque da proposta																									
	Enfoque estratégico (define estratégias)							✓	✓	✓	✓															
	Enfoque metodológico (define estratégias e ações)											✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
	Enfoque pragmático (define apenas ações) => ferramenta CB																		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Fornece elementos para que tipo de avaliação de risco																										
Apenas qualitativa							✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓		✓			✓		
Qualitativa e quantitativa												✓	✓	✓	✓				✓	✓			✓			
País de origem da proposta ou da instituição do autor e ano de publicação																										
		País de origem						Canada	EUA	EUA	Espanha	Irã	Reino Unido	Alemanha	Canada	EUA	Brasil	Francia	EUA / Holanda	União Europeia	Holanda	Suíça	Dinamarca	EUA / Canada		
		Ano de publicação						2008	2006	2007	2009	2008	2007	2007	2009	2012	2012	2010	2008	2012	2012	2011	2011	2009		
Princípios, estratégias e ações envolvidas																										
Princípio da transparência																										
Estratégias de implementação de políticas							↑		↑																	
Escrita, clara e transparente																	↑	↔						↔		
Participação de todos														↔	↔	↑										
Princípio da participação do público																										
Princípio da responsabilidade do produtor																										
Estratégias focadas na organização							↑		↑																	
Responsabilidade por prestar contas														↔		↑	↔							↑		
Competência e capacitação											↔	↑		↑	↑	↑			↔						↑	
Documentação												↑	↑	↑	↑	↑			↑						↑	
Comunicação ampla														↔		↑									↑	
Princípio da precaução																										
Estratégia de identificação do perigo							↑	↑	↑	↑																
Caracterização dos nanomateriais												↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
Princípio de proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores																										
Princípio da proteção ambiental																										
Estratégia de avaliação da exposição							↑	↑	↑	↑																
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 nanoparticulas												↑			↑	↑	↑									
Estratégia de acompanhamento ou vigilância							↑			↑																
Monitoração													↑		↑	↑	↑	↑				↔			↑	↑
Investigação (acidentes e incidentes)													↑		↑		↑	↑	↔							
Auditoria / revisão													↑	↑	↑	↑	↑	↑							↑	
Análise crítica da administração															↑	↔									↔	
Estratégia de melhoria										↑																
Ação preventiva e ou corretiva													↑		↑	↔	↑	↑							↑	
Melhoria continua													↑		↑	↔	↑	↑				↔				↑

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

Nota: para propostas com enfoque estratégico 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.