

NANOMATERIAIS NO SETOR DA SAÚDE: RISCOS E PREVENÇÃO NO TRABALHO

O domínio da nanotecnologia tem vindo a registar rápidos progressos e a utilização de nanomateriais é cada vez mais comum. O setor de saúde, assim como uma ampla variedade de indústrias, revela-se vez mais permeável à nanotecnologia, o que representa um risco acrescido no que respeita à exposição dos trabalhadores aos nanomateriais nos seus ambientes de trabalho. A aplicação da nanotecnologia e dos nanomateriais no setor da saúde pode oferecer vários benefícios, por exemplo, as abordagens e técnicas de miniaturização que convergiram com a síntese química e o controlo de montagem molecular criando oportunidades interessantes nas áreas da prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças. Porém, apesar da investigação em curso, o domínio da nanotecnologia regista um desenvolvimento mais célere do que o do conhecimento sobre os efeitos dos nanomateriais na saúde e segurança. Subsistem ainda muitas incógnitas, o que levanta questões sobre a avaliação de riscos para a segurança e saúde no trabalho (SST).

A presente ficha informativa (E-Fact) explica de que forma os profissionais de saúde, ao realizar as suas atividades quotidianas, podem deparar-se com nanomateriais nos locais de trabalho. Fornece igualmente informações sobre a adoção de medidas destinadas a prevenir potenciais exposições.

1 Introdução

1.1 O setor da saúde

Uma grande percentagem da mão de obra da UE trabalha no setor da saúde. De acordo com o Plano de Ação para a mão de obra no setor da saúde [1], as oportunidades de trabalho neste setor registam um aumento em resultado do envelhecimento da população e dos aumentos subsequentes da procura de cuidados de saúde.

O setor da saúde é constituído por empresas e serviços públicos que prestam, direta ou indiretamente, diferentes tipos de serviços de saúde, tais como diagnóstico, tratamento e cuidados preventivos. Os locais onde funcionam os serviços de saúde podem variar e incluir hospitais, clínicas dentárias, atendimento médico de emergência móvel e domicílios. Os temas tratados na presente E-fact incidem principalmente sobre as pessoas que prestam diretamente serviços médicos (por exemplo, médicos, enfermeiros ou farmacêuticos), bem como trabalhadores cuja atividade está intimamente ligada ao setor de saúde, nomeadamente, pessoas que trabalham em laboratórios ou trabalhadores responsáveis pela limpeza. Os trabalhadores administrativos ou os trabalhadores do setor de produção de equipamentos médicos não se enquadram no âmbito desta e-fact, pelo que não estão abrangidos.



Autor: Raya Gergovska

1.2 O que são os nanomateriais?

Nanomateriais são materiais que contêm partículas com uma ou mais dimensões externas na gama de tamanhos compreendidos entre 1 e 100 nanómetros (nm) ⁽¹⁾, a uma escala comparável à de átomos e moléculas. Os nanomateriais estão naturalmente presentes nas emissões vulcânicas, ou são uma consequência não intencional de atividades humanas, como, por exemplo, gases de escape dos motores *diesel*. No entanto, um grande número de nanomateriais são intencionalmente fabricados e colocados no mercado. Ora são precisamente estes nanomateriais no setor da saúde que constituem o tema desta *e-fact*.

Ainda que os nanomateriais possam formar aglomerados ou agregados maiores do que 100 nm, estes podem decompor-se e libertar nanomateriais, pelo que esses aglomerados/agregados também devem ser considerados em qualquer avaliação de riscos dos nanomateriais [3, 4].

Uma grande percentagem de nanomateriais é fabricada e colocada no mercado por apresentarem propriedades e comportamentos específicos que são principalmente um resultado da sua dimensão diminuta, o que multiplica a sua área de superfície, ou de outras características, tais como a modificação (revestimento) de superfícies ou uma morfologia específica (forma das partículas). Esta *e-fact* concentra-se exclusivamente nos nanomateriais fabricados presentes no setor da saúde e não inclui os que são uma consequência não intencional de atividades humanas, como, por exemplo, gases de escape dos motores diesel.

2 Nanomateriais no setor da saúde

Uma vez no corpo, os nanomateriais podem circular, movimentando-se entre o interior e exterior dos vasos sanguíneos, entrar nas células e interagir com biomoléculas, tanto na superfície das células como no interior das células em várias áreas do corpo humano [5]. Em resultado dessa capacidade, os nanomateriais no setor da saúde têm o potencial de detetar doenças, viabilizar tratamentos e permitir uma prevenção em novos moldes.

Os principais benefícios terapêuticos da utilização de nanomateriais são os seguintes: solubilidade (para fármacos insolúveis de outra forma), ser veículo para entidades hidrofóbicas, ter capacidade multifuncional, direcionar passiva ou ativamente o agente terapêutico, atuar ligantes (exclusão de tamanho) e possuir toxicidade reduzida [6]. Além disso, em razão das suas propriedades específicas, os nanomateriais são igualmente utilizados em dispositivos de diagnóstico, em métodos e agentes de imagem e em implantes e construção da engenharia de tecidos.

Por conseguinte, as propriedades e comportamentos dos nanomateriais permitem o diagnóstico, a monitorização, o tratamento e a prevenção de doenças, como doenças cardiovasculares, cancro, doenças músculo-esqueléticas e inflamatórias, doenças neurodegenerativas e psiquiátricas, diabetes e doenças infectocontagiosas [por exemplo, infeções bacterianas e virais, tais como o VIH (vírus da imunodeficiência humana)] [7].

O quadro 1 enumera alguns dos nanomateriais já utilizados no setor da saúde.

⁽¹⁾ De acordo com a Recomendação da Comissão Europeia [1]:

- Um «nanomaterial» é «um material natural, incidental ou fabricado, que contém partículas num estado desagregado ou na forma de um agregado ou de um aglomerado, e em cuja distribuição número-tamanho 50 % ou mais das partículas têm uma ou mais dimensões externas na gama de tamanhos compreendidos entre 1 nm e 100 nm. A distribuição de um material por tamanho é expressa pelo número de objectos numa dada gama de tamanhos dividido pelo número total de objectos».
- «Em casos específicos e sempre que tal se justifique devido a preocupações ambientais e ligadas à saúde, segurança e competitividade, o limiar da distribuição número-tamanho de 50 % pode ser substituído por um limiar compreendido entre 1 e 50 %».
- «Em derrogação do disposto supra, os fulerenos, flocos de grafeno e nanotubos de carbono de parede simples com uma ou mais dimensões externas inferiores a 1 nm devem ser considerados nanomateriais».

Quadro 1: Principais tipos de nanomateriais e suas aplicações no setor da saúde

Tipo de nanomaterial	Aplicações no setor da saúde
Partículas metálicas (ex. Óxido de ferro (III), ouro ou prata)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratamento do cancro por hipertermia ▪ (Bio) separações magnéticas seletivas ▪ Revestidas com anticorpos para antígenos específicos de células, para separação da matriz circundante ▪ Estudos do transporte através das membranas ▪ Libertação do fármaco ▪ Meios de contraste para imagem por ressonância magnética
Nanopartículas de prata	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agente antimicrobiano ▪ Incorporadas numa vasta gama de dispositivos médicos, incluindo o cimento ósseo, instrumentos cirúrgicos, máscaras cirúrgicas
Nanopartículas revestidas com uma concha de ouro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhorar a solubilidade de fármacos ▪ Permitir novas conjugações
nanomateriais de carbono [fulerenos e nanotubos de carbono (CNT)]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os «Futebolenos» (estruturas em forma de bola de futebol feitas de 60 átomos de carbono) são utilizados em sistemas de libertação de fármacos contribuindo para otimizar o transporte e libertação do medicamento no alvo correto no interior do corpo [5] ▪ Revestimentos para próteses e implantes cirúrgicos ▪ CNT funcionalizados: <ul style="list-style-type: none"> ○ para administração terapêutica ○ para aplicações biomédicas, como <i>stents</i> vasculares e crescimento e regeneração de neurónios ○ terapia génica, dado que uma fita de ADN pode ser ligada a um nanotubo
Pontos quânticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ «Marcar» várias biomoléculas para monitorizar mudanças celulares complexas e eventos associados a doenças ▪ Tecnologia ótica[8] ▪ Tecnologias de rastreio e diagnóstico de doenças
Dendrímeros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Macro-moléculas polimerizadas – estruturas altamente ramificadas contendo nanocavidades ou canais interiores com propriedades diferentes dos do exterior ▪ Utilizados como um transportador de uma grande variedade de medicamentos (por exemplo, anticancerígenos, antivirais, antibacterianos, etc.), com capacidade para melhorar a solubilidade e biodisponibilidade de fármacos pouco solúveis
Nanopartículas à base de lípidos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Podem fundir-se com a membrana celular e libertar moléculas no interior das células
Nanopartículas cerâmicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sistemas inorgânicos utilizados como transporte de fármacos (se poroso e biocompatível); utilizadas em aplicações cosméticas (óxido de zinco, dióxido de titânio)
Nanotubos, nanofios, nanopartículas magnéticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnologias de rastreio e diagnóstico de doenças, incluindo «micro-laboratório num chip (<i>lab on a chip</i>) [8]

Compilado por autores provenientes de várias fontes [5, 6, 8–11].

O tempo que medeia entre a invenção de um dispositivo médico ou de um medicamento até à sua distribuição para a utilização clínica é extremamente longo. No entanto, atualmente estão a ser desenvolvidas algumas aplicações da nanotecnologia que em breve estarão disponíveis. Estas prendem-se, por exemplo, com o reforço da imagiologia médica [5], a utilização de *chips* subcutâneos, que possam monitorizar continuamente parâmetros elementares, incluindo pulsação, temperatura e níveis de glicose no sangue[5], bem como a minimização da transferência e crescimento do patógeno [8].

3 Riscos dos nanomateriais para os trabalhadores do setor da saúde

Apesar de os nanomateriais utilizados no setor da saúde poderem proporcionar aos pacientes uma série de benefícios, a verdade é que podem também expor estes profissionais a novos riscos.

A informação disponível sobre a toxicidade dos nanomateriais fabricados assenta ainda num conhecimento insuficiente, o que dificulta uma avaliação dos riscos em causa (ver e-fact 72, disponível em: (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures/view>) sobre as ferramentas de gestão de riscos associados aos nanomateriais). O principal desafio é entender os possíveis perigos que os profissionais de saúde poderão enfrentar ao trabalhar com nanomateriais fabricados ou nanodispositivos. Devido às propriedades únicas destes materiais em nanoescala –principalmente ligadas à sua reduzida dimensão, mas também à forma da partícula, à natureza química e ao estado de superfície (por exemplo, área de superfície, funcionalização de superfície, tratamento de superfície) e estado de agregação/aglomeração [8, 12] – é exetável que as suas interações com o corpo humano e, conseqüentemente, os seus efeitos sobre a saúde sejam diferentes dos associados aos mesmos materiais, com a mesma composição, em escala macro. Assim sendo, esta realidade suscita preocupações sobre os efeitos na saúde resultantes da exposição aos nanomateriais no local de trabalho.

Em condições ambientais normais, os nanomateriais podem formar aglomerados ou agregados superiores a 100 nm, mudando assim (mas não necessariamente perdendo) as suas propriedades específicas de nano. Contudo, podem libertar-se nanomateriais de aglomerados levemente ligados e, em certas condições, até poderão libertar-se de agregados mais fortemente ligados. Presentemente, está em curso uma investigação sobre a possibilidade de este fenómeno ocorrer no líquido pulmonar após a inalação desses aglomerados ou agregados [8, 12]. Os aglomerados e agregados que contêm nanomateriais devem, por conseguinte, ser igualmente levados em consideração na avaliação de riscos no local de trabalho.

O mecanismo de exposição interna, após a entrada de nanomateriais no corpo, pode incluir uma nova absorção, distribuição e metabolismo. Por exemplo, foi encontrada a presença de alguns nanomateriais nos pulmões, fígado, rins, coração, órgãos reprodutivos, feto, cérebro, baço, esqueleto e tecidos moles [13]. Há questões em aberto sobre a bioacumulação de nanomateriais, bem como sobre os mecanismos de eliminação de células e órgãos. A questão adicional que se coloca é a seguinte: embora um nanomaterial, em si próprio, possa não ser tóxico, a verdade é que pode atuar como um cavalo de Tróia, o que significa que um material mais tóxico pode unir-se ao nanomaterial e conseguir entrar no corpo, órgãos ou células [14].

Os efeitos mais significativos dos nanomateriais foram detetados nos pulmões e incluem inflamação, lesões nos tecidos, *stress* oxidativo, a toxicidade crónica, citotoxicidade, aparecimento de fibroses e tumores. Alguns nanomateriais podem também afetar o sistema cardiovascular. As propriedades potencialmente perigosas dos nanomateriais fabricados são objeto de uma investigação em curso [8, 12].

Os nanomateriais podem entrar no corpo humano de diversas maneiras, o que representa um perigo para a saúde no trabalho:

- **A inalação** é a via mais comum de exposição, no local de trabalho, a nanopartículas suspensas no ar [15, 16]. As nanopartículas inaladas podem depositar-se nas vias respiratórias e nos pulmões dependendo da sua forma e tamanho. Após a inalação, podem atravessar o epitélio

respiratório, entrar na corrente sanguínea e atingir outros órgãos e tecidos. Também se concluiu que a inalação de alguns nanomateriais pode afetar o cérebro através do nervo olfatório.

- **A ingestão** pode ocorrer por transferência involuntária «mão-boca» a partir do contacto com superfícies contaminadas, ou pela ingestão de alimentos ou água contaminados. A ingestão também pode resultar da inalação de um nanomaterial, uma vez que as partículas inaladas que são eliminadas das vias respiratórias através da função mucociliar podem ser engolidas [15, 16]. Alguns nanomateriais ingeridos podem atravessar o epitélio intestinal, entrar na corrente sanguínea e atingir novos órgãos e tecidos.
- **A penetração dérmica** continua a ser objeto de investigação [15, 16]. A pele intacta parece constituir uma boa barreira contra a absorção de nanomateriais [17]. A pele lesionada parece ser menos eficaz, porém o nível de absorção tende a ser mais baixo do que o associado à inalação. No entanto, apesar destas conclusões, o contacto com a pele também deve ser evitado e controlado.

Os nanomateriais também podem ser introduzidos no corpo humano por via parentérica (²); acidentalmente através de ferimentos com agulhas, cortes e outras lesões na pele [15].

Considerando as atividades desenvolvidas no setor da saúde, os trabalhadores mais suscetíveis à exposição aos nanomateriais são os que preparam ou administram nanomedicamentos ou que trabalham em áreas onde esses medicamentos são utilizados, pois podem facilmente entrar em contacto com estas partículas suspensas no ar (por exemplo, farmácia e pessoal de enfermagem, médicos, serviços de logística, gestão de pessoal).

Outras situações de exposição aos nanomateriais nos serviços de saúde [15] podem ocorrer durante:

- Remoção e eliminação de dejetos de pacientes a quem são administrados nanomedicamentos;
- Derrame de nanomateriais;
- Manuseamento de itens contaminados com nanomateriais;
- Consumo de alimentos e bebidas que tenham estado em contacto com nanomedicamentos; e
- Limpeza e manutenção de áreas onde são manuseados nanomedicamentos.

Os procedimentos odontológicos e cirúrgicos que envolvam a fresagem, perfuração, desbaste e polimento com materiais médicos que contenham nanomateriais podem gerar situações de exposição. Um exemplo de uma situação de exposição desse tipo é o tratamento de cáries dentárias no âmbito dos cuidados dentários, que habitualmente é realizado através da aplicação de enchimentos que contêm nanomateriais (por exemplo, enchimentos com nanopartículas cerâmicas), que são ajustadas à forma anatômica, lixando a superfície recorrendo a ferramentas de alta velocidade. Durante este procedimento, existe o risco de as nanopartículas ficarem suspensas no ar e serem inaladas pelo paciente e o pessoal dos serviços de saúde.

Alguns dos potenciais riscos em matéria de SST resultantes de nanomateriais no setor da saúde são apresentados no Quadro 2).

Quadro 2: Exemplos de nanomateriais utilizados no setor da saúde e os seus potenciais riscos e perigos em matéria de SST

Exemplo de nanomateriais	Potenciais riscos e perigos em matéria de SST no setor da saúde
Nanomateriais de carbono	Quando inalado, há provas de que alguns tipos de nanomateriais de carbono podem conduzir a problemas pulmonares, incluindo efeitos como os do amianto[9]
Dendrímeros	Apesar da extensa aplicabilidade no campo farmacêutico, por exemplo, na

(²) Se um medicamento ou outra substância for introduzida no corpo por via parentérica, significa que a sua introdução se processa por outra via que não o trato gastrointestinal (por exemplo, intravenosa).

	<p>libertação de medicamentos anticancerígenos, a utilização de dendrímeros no corpo humano é restrita devido à sua toxicidade inerente[11].</p> <p>Ocorreu um caso de dermatite de contacto semelhante a eritema multiforme resultante da exposição a dendrímeros[14].</p>
Nanopartículas de prata	<p>De acordo com o ENRHES («Engineered Nanoparticles - Review of Health and Environmental Safety» – Nanopartículas artificiais – Análise da Segurança na Saúde e no Ambiente)[18], a utilização de nanopartículas de prata representa um perigo potencial para a saúde humana; no entanto, o estudo da sua toxicidade encontra-se ainda numa fase inicial. O Comité Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (SCENIHR) da UE foi convidado a emitir um parecer científico, ao nível da segurança, saúde e ambiente, sobre as funções e os efeitos dos nanopratas na resistência antimicrobiana [19]. São graves as preocupações que suscitam na medida em que as nanopartículas de prata, em doses elevadas, podem causar efeitos adversos à saúde, como edemas pulmonares e manchas de pele [3]. Na verdade, a reação mais comumente relatada por seres humanos expostos a nanopratas por um período alargado de tempo é a argiria ou argirose (ou seja, descoloração azulada ou azulada-cinza ou uma pigmentação negra da pele, unhas, olhos, mucosas ou órgãos internos devido à exposição à prata, ou formas químicas de prata) [20]. Estas doenças não são reversíveis e são incuráveis [20]</p> <p>No setor da saúde, a nanoprata tem sido utilizada como um agente antibacteriano em pensos para feridas destinados a proteger os pacientes com queimaduras graves contra as infeções. Daqui resulta um dos principais riscos de exposição para os profissionais de saúde. Além disso, surgiram ainda preocupações sobre os efeitos adversos indiretos da nanoprata sobre a saúde humana através de uma crescente resistência dos microrganismos à prata[19].</p> <p>Numa investigação levada a cabo em ratos, ficou documentado que as nanopartículas de prata podem chegar ao cérebro através das vias respiratórias superiores[12]</p>
Dióxido de titânio (TiO ₂)	<p>As partículas de TiO₂, quando inaladas, foram classificadas pelo Centro Internacional de Investigação do Cancro (CIIC) como do Grupo 2B: «possivelmente cancerígenas para os seres humanos» [21]. O NIOSH (Instituto Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho), nos EUA, recomenda um valor limite mais baixo para exposição a partículas ultrafinas de TiO₂: 0,3 mg/m³ de nanopartículas de TiO₂ (<100 nm) contra 2,4 mg/m³ de partículas finas (> 100 nm)[22]</p>
Nanopartículas revestidas a ouro	<p>Realizou-se um estudo sobre a toxicidade de nanopartículas de ouro, quando inaladas por ratos, e foi possível observar uma acumulação de ouro nos pulmões e rins [23]</p>

Fonte: dados compilados pelos autores.

Além do riscos para a saúde, a aerossolização de nanopoeiras ou de nanopartículas de materiais combustíveis pode representar um risco de explosão ou incêndio.

É importante avaliar e gerir corretamente os possíveis riscos dos nanomateriais para a SST no setor da saúde, a fim de proteger a segurança e a saúde dos trabalhadores de forma adequada.

4 Prevenção

De acordo com a Diretiva 89/391/CEE da UE [24], os empregadores devem realizar regularmente avaliações de risco no local de trabalho e aplicar medidas de prevenção adequadas, o que se aplica igualmente aos potenciais riscos dos nanomateriais no local de trabalho. Além disso, a Diretiva 98/24/CE relativa à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no trabalho [25] impõe normas mais rigorosas sobre a gestão dos riscos das substâncias no local de trabalho, que se aplicam aos nanomateriais, atendendo a que são abrangidos pela definição de «substâncias».

Por conseguinte, a avaliação de riscos no local de trabalho obrigatória e a hierarquia das medidas de controlo [eliminação, substituição, medidas técnicas na fonte, medidas organizacionais e equipamento de proteção individual (EPI) como último recurso] prescritas nas diretivas relativas à proteção destes trabalhadores também se aplicam aos locais de trabalho no setor da saúde e aos nanomateriais.

Além disso, se um nanomaterial, ou o material em macroescala da mesma composição, for cancerígeno ou mutagénico, a Diretiva 2004/37/CE relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho [26] deve ser cumprida. De toda a forma, a legislação nacional pode ter disposições mais rigorosas e deve ser consultada.

No entanto, a realização da avaliação de riscos no local de trabalho associados aos nanomateriais pode, regra geral, constituir um desafio atendendo às limitações atuais que se prendem com:

1. O conhecimento das propriedades perigosas dos nanomateriais;
2. Os métodos e dispositivos disponíveis para identificar nanomateriais e as fontes de emissão e medidas relativas aos níveis de exposição;
3. As Informações sobre a presença de nanomateriais, em particular em misturas ou artigos, bem como a jusante da cadeia do utilizador, sempre que os nanomateriais ou produtos que contêm nanomateriais são utilizados ou tratados.

As Fichas de Dados de Segurança (FDS), que são uma importante ferramenta de informação para a prevenção dos riscos provenientes das substâncias perigosas nos locais de trabalho, contêm, em geral, pouca ou nenhuma informação sobre a presença e características de nanomateriais, os riscos para os trabalhadores e ainda sobre as medidas de prevenção [13, 27 - 29]. As organizações são, pois, aconselhadas a contactar os fornecedores solicitando mais informação.

Além disso, como os nanomateriais são considerados substâncias, o Regulamento REACH (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas) [30] e o Regulamento CRE (Regulamento relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas) [41] são igualmente relevantes, sendo que é expeável que as alterações ao Anexo II do Regulamento REACH [31], o quadro jurídico relativo às FDS, bem como o Guia de orientação sobre a elaboração de fichas de dados de segurança da Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA) [32], que fornece mais informação sobre a abordagem às características dos nanomateriais, contribuam para melhorar a qualidade das informações contidas nas FDS: A E-fact 72 <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>) apresenta orientações e ferramentas destinadas a contribuir para uma melhor gestão dos riscos dos nanomateriais no contexto das atuais limitações e da atual investigação. Presentemente, não existem orientações específicas para a prevenção dos riscos em matéria de SST dos nanomateriais no setor da saúde. Contudo, as medidas recomendadas noutros setores (por exemplo, laboratórios de investigação [33]) são em parte aplicáveis, e os principais e abordagens podem ser transferidos para o setor de saúde.

4.1 Eliminação e substituição

Tal como acontece com todas as outras substâncias perigosas, a eliminação e substituição são medidas prioritárias face a outras medidas de prevenção (ou seja, o objetivo é impedir a exposição dos trabalhadores aos nanomateriais). No entanto, os agentes químicos que contêm nanomateriais, os medicamentos ou os dispositivos são utilizados com alguma frequência no setor da saúde pelas

suas propriedades específicas e por cumprirem uma função também específica. Assim sendo, nestas circunstâncias, e embora um nanomaterial represente um risco para os profissionais de saúde, a eliminação ou substituição por uma alternativa menos perigosa pode não ser uma opção viável, atendendo a que, à partida, a alternativa poderá não oferecer as propriedades e os efeitos (positivos) pretendidos. Porém, tendo em conta a necessidade de ter sempre presente um equilíbrio entre as propriedades e efeitos positivos, por um lado, e os riscos para a saúde, por outro, a eliminação e substituição devem ser largamente consideradas. Além disso, deve ser possível:

- evitar a presença de nanomateriais que possam ficar suspensos no ar (como pós ou poeiras) recorrendo a uma forma menos perigosa, por exemplo, mediante a dissolução de nanomateriais em pó em líquidos, pastas, granulados ou compostos ou mediante a sua agregação a sólidos; e
- reduzir o nível de perigosidade, alterando a superfície do nanomaterial, por exemplo, revestindo o nanomaterial a fim de ajustar a pulverulência, a solubilidade e outras propriedades.

4.2 Controlos técnicos

Tendo em conta as características do trabalho no setor da saúde, a maioria dos locais de trabalho, como por exemplo os quartos dos pacientes nos hospitais ou até o domicílio dos pacientes, não permite dispor de sistemas técnicos destinados a reduzir ou evitar a exposição aos nanomateriais na fonte, nomeadamente, sistemas fechados que criem uma barreira física entre o profissional e nanomaterial. No entanto, existem outras atividades que permitem controlos técnicos na fonte, como a preparação de medicamentos que contêm nanomateriais, por exemplo, comprimidos ou pomadas, em caixas de luvas.

Bancadas limpas, com filtros HEPA, altamente eficientes para filtrar as partículas finas do ar, constituem uma outra medida eficaz de prevenção dos riscos no que toca a atividades como a preparação de nanomedicamentos; de amostras de tecidos, de fluidos corporais ou de fezes dos pacientes que possam conter nanomateriais (no caso de se administrar ao paciente nanomedicamentos); ou ainda a preparação ou análise de amostras que utilizam produtos químicos analíticos que contêm nanomateriais. A exposição a derrames, poeiras ou vapores de nanomateriais provenientes de amostras ou de produtos para a preparação de amostras deve ser controlada mediante a utilização de um sistema de ventilação de elevado rendimento em combinação com um EPI, principalmente luvas e máscaras (ver secção 4.4).

Na generalidade existem sistemas locais de ventilação por exaustão no trabalho como laboratórios, zonas ou salas de cirurgia com normas de segurança elevadas (devido, por exemplo, ao risco de infeção) e áreas de armazenamento. Esses sistemas também captam nanomateriais. No entanto, no caso dos nanomateriais, recomenda-se a utilização de multifiltros, com filtros de partículas de ar de alto rendimento (HEPA H14) ou filtro de ar de penetração ultra baixa, como o filtro final antes da reintrodução do ar extraído. Em qualquer caso, a adequação de sistemas de filtragem no local deve ser avaliada.

4.3 Medidas Organizacionais

As medidas de prevenção de riscos nos locais de trabalho no setor da saúde onde são utilizados nanomateriais perigosos incluem:

- A separação entre os locais de trabalho ou áreas especificamente dedicadas ao manuseamento de nanomateriais e outros locais de trabalho, bem como uma sinalética adequada e clara;
- A minimização do número de trabalhadores expostos aos nanomateriais;

- A minimização do tempo de exposição dos trabalhadores aos nanomateriais;
- A proibição de acesso a pessoal não autorizado;
 - limpeza regular (lavagem) das áreas de trabalho onde os nanomateriais são utilizados ou manuseados; e
 - monitorização dos níveis de concentração de ar, por exemplo, em comparação com contextos em que não há manuseamento de nanomateriais.



Autor: Jim Holmes

Dado que atualmente não existe uma abordagem normalizada para a utilização de sinais de segurança ou para a rotulagem dos locais de trabalho ou recipientes com nanomateriais, recomenda-se a adoção de uma abordagem diligente, recorrendo a frases sobre os riscos e a segurança constantes do Regulamento da UE relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (CRE) [41] e a sinais de alerta para prestar uma informação adequada, pertinente e concreta sobre os riscos reais ou potenciais que a utilização e manuseamento de nanomateriais representam para a saúde e a segurança.

Além disso, também devem ser seguidos alguns princípios gerais que se aplicam independentemente do contacto com nanomateriais:

- O planeamento do trabalho deve basear-se na avaliação dos riscos e contar com a participação dos trabalhadores. Devem ser tidos em conta os riscos existentes nos locais de trabalho onde são manuseados nanomateriais cuja toxicidade e comportamento são desconhecidos. A gestão de riscos deve dar prioridade não só aos riscos conhecidos, mas também à avaliação e gestão dos nanomateriais nos locais de trabalho sobre os quais a informação relativa ao grau de exposição e perigo é inexistente, incompleta ou incerta.
- A pressão do tempo deve ser evitada.
- Os trabalhadores devem receber a formação necessária para garantir que dispõem do conhecimento e competências adequadas à realização de um trabalho em segurança e protegido da exposição a qualquer libertação de nanomateriais.
- Todos os trabalhadores devem receber sempre as instruções e informação pertinentes, em especial nos casos em que são contratados para uma única tarefa e/ou não estão familiarizados com os riscos químicos em geral e com os riscos dos nanomateriais em particular (por exemplo, pessoal de limpeza, assistentes de estudantes). Isto deve incluir medidas de proteção, como por exemplo, saber manusear em segurança produtos farmacêuticos ou amostras que contenham nanomateriais; desbastar ou polir enchimentos ou superfícies que contenham nanomateriais; e proceder à eliminação de produtos. Essas informações também devem constar das instruções de trabalho.
- Adotar uma abordagem com base na precaução, no âmbito da prevenção dos riscos, com respeito aos nanomateriais: devem ser implementadas todas as medidas possíveis, de acordo com a hierarquia das medidas de prevenção, a fim de reduzir a libertação de nanomateriais.

Os trabalhadores que manuseiam, ou estão de alguma forma expostos, a nanomateriais potencialmente perigosos devem ser incluídos nos programas de vigilância no âmbito da medicina do trabalho, com documentação pormenorizada sobre as situações de exposição.

4.4 Equipamento de Proteção Individual (EPI)

O EPI deve ser utilizado como último recurso, quando a exposição não pode ser reduzida de forma suficientemente eficaz com as medidas acima mencionadas. Se a avaliação de risco determinar a necessidade de um EPI, deverá desenvolver-se um programa nesse sentido. Um bom programa de EPI compreenderá os seguintes elementos: seleção do EPI adequado, montagem, formação e

manutenção do EPI. Os profissionais de saúde tendem a utilizar EPI nas suas atividades em virtude de outros riscos para a saúde (por exemplo, agentes biológicos)⁽³⁾ [34]. Contudo, é preciso avaliar o grau de adequação do EPI aos riscos dos nanomateriais.

É preciso avaliar o ritmo de trabalho e a aptidão física do utilizador do EPI para garantir que o mesmo fornece o nível de proteção adequado e pode ser devidamente utilizado. Os testes realizados ao EPI devem demonstrar que os seus utilizadores conseguem fazer o seu trabalho em segurança, bem como utilizar outro equipamento de que necessitem (por exemplo, óculos) ou ferramentas, conforme seja necessário. Há que ter presente que o nível de proteção oferecido pelo EPI pode diminuir durante a utilização concomitante de vários tipos de EPI. Além disso, existem riscos adicionais, que não os nanomateriais, que podem interferir e reduzir a eficácia do EPI. Daqui se conclui que se impõe levar em conta todos os perigos existentes no local de trabalho aquando da seleção do EPI. Todos os EPI utilizados devem ter uma marca CE, e ser utilizados em conformidade com as instruções do fabricante, sem quaisquer modificações.

4.4.1 Proteção respiratória

No que respeita a atividades que envolvem partículas de nanomateriais suspensas no ar, por exemplo, retificações por desgaste, polimentos ou fresagens de pontes ou implantes dentários que contêm nanomateriais, os sistemas de ventilação de exaustão podem não ser suficientes. Nestes casos, deve também recorrer-se a sistema de proteção respiratória. Os filtros HEPA, os cartuchos e máscaras respiratórias, com materiais filtrantes fibrosos são eficazes contra os nanomateriais suspensos no ar. As máscaras faciais completas ou semimáscaras com filtros P3/FFP3 ou P2/FFP2 são consideradas eficazes no que respeita à proteção contra esses riscos. Os filtros de proteção de fator 3 proporcionam uma melhor proteção do que os de fator 2 [35, 36]. As máscaras faciais devem ser suficientemente ajustadas [36]—deve estar prevista a realização regular de testes de adaptação para todos os utilizadores.

Os Aparelhos de proteção respiratória (RPD) dependerão de :

- O tipo, dimensão e concentração dos nanomateriais suspensos no ar;
- O Fator de proteção atribuído ao RPD (que inclui os acessórios para vedação facial e a eficácia de filtragem ; e
- Condições de trabalho.

Em casos em que os aparelhos respiratórios não cobrem os olhos, deve também ser utilizada proteção ocular (viseiras de segurança ajustadas)

4.4.2 Luvas

As luvas são comumente utilizadas no setor da saúde. Contra os riscos químicos em geral, só devem ser utilizadas as luvas que preencham os requisitos estabelecidos nas normas EN 374 ⁽⁴⁾. No caso dos nanomateriais, são consideradas eficazes as luvas de polímeros sintéticos, tais como látex, nitrilo, ou neoprene [36]. A eficácia das luvas relativamente a um nanomaterial específico dependerá da forma que este adquire no local de trabalho (poeiras, líquidos, etc.), o que deve ser especialmente verificado junto dos fornecedores de luvas. A espessura do material da luva é um fator importante na determinação da taxa de difusão do nanomaterial. Por conseguinte, recomenda-se o uso de dois pares de luvas, ao mesmo tempo [37].

⁽³⁾ A Diretiva 89/686/CEE do Conselho regula a conceção e utilização de EPI e assegura a função que lhe é atribuída de proteger os trabalhadores de riscos específicos.

⁽⁴⁾ A EN 374-1:2003: Luvas de proteção contra substâncias químicas e microrganismos - Parte 1: Terminologia e requisitos de desempenho; EN 374-2:2003: Luvas de proteção contra substâncias químicas e microrganismos - Parte 2: Determinação da resistência à penetração e EN 374-3:2003: Luvas de proteção contra substâncias químicas e microrganismos - Parte 3: Determinação da resistência à penetração das substâncias químicas.

4.4.3 Vestuário de proteção

Os tecidos descartáveis (materiais estanques), tais como o polietileno de alta densidade (baixa retenção de poeira e baixa libertação de poeiras), são preferíveis aos têxteis, e deve ser evitada a utilização de roupas de proteção feitas com tecidos de algodão [36].

Se for utilizado vestuário de proteção reutilizável, como o fato-macaco, deve ser prevista a lavagem regular e a prevenção da exposição secundária. Devem ser tomadas medidas que permitam o uso de fatos-macacos e capas de proteção limpos e a eliminação, depois de utilizados, de forma a não contaminar os indivíduos ou o local de trabalho em geral.

4.5 Prevenção de explosão e/ou fogo

Em consequência da sua pequena dimensão, os nanomateriais em pó podem apresentar riscos de explosão ao contrário dos nanomateriais grossos ⁽⁵⁾ [38]. É necessário tomar precauções em situações em que são geradas nanopoeiras (por exemplo, desbaste, lixamento ou polimento de pontes e implantes que contenham nanomateriais) ou manuseadas (por exemplo, através de mistura, limpeza ou eliminação dessas poeiras).

As medidas de prevenção relativas aos nanomateriais em forma de pó são essencialmente as mesmas tomadas para qualquer outro material grosso explosivo e inflamável e para as nuvens de pó explosivas, e devem cumprir os requisitos da Diretiva 99/92/CE relativa às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas. Estas incluem:

- Os farmacêuticos devem, por exemplo, limitar o manuseamento desses materiais a ex-Zonas específicas, e realizar o trabalho em atmosferas inertes, se possível;
- Os materiais devem ser dissolvidos lavando o local de trabalho (prevenção de poeiras);
- Os equipamentos e outras fontes de ignição de baixa faísca, ou condições que facilitem a carga eletrostática, devem ser eliminados do local de trabalho; ao invés, o equipamento intrinsecamente seguro (circuitos de sinal e de controlo que operam com correntes e voltagens baixas) deve ser utilizado, sempre que possível;
- As camadas de poeira devem ser removidas através de lavagem; e
- O armazenamento de materiais explosivos ou inflamáveis no local de trabalho deve ser minimizado. Podem ser utilizados materiais antiestáticos.

4.6 Verificar a eficácia das medidas

A avaliação dos riscos deve ser regularmente revista e a decisão e implementação das medidas de gestão de riscos devem ser controladas e verificadas à luz da sua eficácia. Este princípio assegura o bom funcionamento de todos os equipamentos de proteção, como bancadas limpas ou cabines de fluxo laminar e inspeções regulares de todos os equipamentos de ventilação e seus respetivos sistemas de filtragem. Além disso, a adequação do EPI deve ser verificada e atualizada, se necessário.

Além disso, a eficácia de uma medida de redução de riscos pode ser avaliada mediante a análise da concentração de nanomateriais no ar antes e depois da aplicação da medida de prevenção. Os níveis de exposição medidos após a aplicação de medidas de gestão de riscos não devem diferir significativamente das concentrações originais, ou seja, quando não existe qualquer fonte de nanomateriais fabricados. Também podem ser aplicadas outras medidas indiretas favoráveis à eficácia das medidas técnicas preventivas, tais como testes de fumo e/ou medições de controlo da velocidade.

⁽⁵⁾ O potencial explosivo da maioria das poeiras orgânicas e de muitos metais aumenta com a diminuição do tamanho da partícula. 500 µm parece ser a dimensão limite máxima das partículas de uma nuvem de pó explosiva. Atualmente, não foi determinado qualquer limite de tamanho abaixo do qual as explosões de pó podem ser excluídas

Os valores limite de exposição laboral (OEL) para os nanomateriais⁽⁶⁾ [39, 40] podem sofrer uma evolução no futuro; contudo, a minimização da exposição deve constituir o principal objetivo da gestão de riscos no local de trabalho, pelo que o cumprimento dos valores limite (OEL) não é suficiente.

Referências

1. Comissão Europeia (CE), *Commission Staff Working Document on an Action Plan for the EU Health Workforce*, SWD(2012) 93 final, Estrasburgo, 18 de abril de 2012. Disponível em: http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/docs/swd_ap_eu_healthcare_workforce_en.pdf
2. Recomendação da Comissão de 18 de outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial, JO L 275, p. 38–40. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>
3. Comissão Europeia (CE), *Commission Staff Working Paper: Types and Uses of Nanomaterials, Including Safety Aspects. Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*, SWD(2012) 288 final, Bruxelas, 3 de outubro de 2012. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
4. Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), *Workplace Exposure to Nanoparticles*, Observatório Europeu dos Riscos, revisão da literatura, 2009. Disponível em: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles
5. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, report of Allianz Center for Technology and OECD, sem data. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>
6. Kale, S.N., *Nanomaterials and their Applications in Healthcare*, presentation at ICS-UNIDO, SISSA workshop on Computer Design and Discovery of Potential Drugs for Developing Countries, 2009.
7. Filipponi, L., Sutherland, D., *Medicine and Healthcare. Module 2—Applications of Nanotechnologies*, Interdisciplinary Nanoscience Centre (iNANO), 2010. Disponível em: <http://nanoyou.eu/>
8. Ellis, J.R., *Nanomaterials and Their Potential in Therapy*, 2012. Disponível em: <http://www.mddionline.com/blog/devicetalk/nanomaterials-and-their-potential-therapy> (consultado em 20 de outubro de 2012).
9. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology*, 2012. Disponível em: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (consultado em 19 de outubro de 2012).
10. Mody, V.V., Siwale, R., Singh, A., Mody, H.R., 'Introduction to metallic nanoparticles', *Journal of Pharmacy & BioAllied Science*, 2012, 2(4): p. 282–289.
11. Jain, K., Kesharwani, P., Gupta, U., Jain, N.K., 'Dendrimer toxicity: let's meet the challenge', *International Journal of Pharmaceutics*, 2010, 394(1–2): p. 122–142.
12. Haase, A., Rott, S., Mantion, A., Graf, P., Plendl, J., Thünemann, A.F., Meier, W.P., Taubert, A., Luch, A., Reiser, G., 'Effects of silver nanoparticles on primary mixed neural cell cultures: uptake, oxidative stress and acute calcium responses', *Toxicological Sciences*, 2012, 126(2): pp. 457–468.

⁽⁶⁾ Ver, por exemplo, O Comité Social e Económico dos Países Baixos(SER) (2012), *Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials*, and Nanowerk (2012), *SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials*.

13. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels Associated with the Use of Engineered Nanomaterials*. Disponível em:
<http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>
14. Toyama T., Matsuda H., Ishida I., Tani M., Kitaba S., Sano S., Katayama I., 'A case of toxic epidermal necrolysis-like dermatitis evolving from contact dermatitis of the hands associated with exposure to dendrimers', *Contact Dermatitis*, 2008, 59(2): p. 122–123.
15. Murashov, V., 'Occupational exposure to nanomedical applications', *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 2009, 1: p. 203–213.
16. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology—Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention, Publication No. 2009–125, 2009.
17. Gratieri, T., Schaefer, U.F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K.H., Lopez, R.F.V., Schneider, M., 'Penetration of quantum dot particles through human skin', *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): p. 586–595.
18. O Projeto ENRHES, Comissão Europeia (CE), *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES)*, 2009. Disponível em:
<http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report>
19. Comité Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (SCENIHR), *Request for a Scientific Opinion on Nanosilver: Safety, Health and Environmental Effects and Role in Antimicrobial Resistance*, 2012. Disponível em:
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_q_027.pdf
20. Luoma, S.N., *Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems or New Challenges?*, the Pew Charitable Trust and the Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2008. Disponível em:
http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf
21. Organização Mundial de Saúde (OMS), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc*, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 93, 2010. Disponível em:
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>
22. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 'Occupational exposure to titanium dioxide', *Current Intelligence Bulletin* 63, 2011. Disponível em:
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/>
23. Sung, J.H., Ji, J.H., Park, J.D., Song, M.Y., Song, K.S., Ryu, H.R., Yoon, J.U., Jeon, K.S., Jeong, J., Han, B.S., Chung, Y.H., Chang, H.K., Lee, J.H., Kim, D.W., Kelman, B.J., Yu, I.J., 'Subchronic inhalation toxicity of gold nanoparticles', *Particle and Fibre Toxicology*, 2011, 8: p. 16.
24. Diretiva do Conselho de 12 de junho de 1989 relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho (89/391/ CEE), JOL 183, 29 de junho de 1989. Disponível em:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0391:20081211:EN:PDF>
25. Diretiva 98/24/CE do Conselho de 7 de abril de 1998 relativa à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no trabalho (décima-quarta Diretiva especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE). Disponível em:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:EN:PDF>
26. Diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho (sexta diretiva especial nos termos do n.º 1 do artigo 16.º da

- Diretiva 89/391/CEE do Conselho). Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R%2801%29:EN:HTML>
27. Schneider, T., Jansson, A., Jensen, K.A., Kristjansson, V., Luotamo, M., Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., 'Evaluation and Control of Occupational Health Risks from Nanoparticles', *TemaNord* 2007: 581, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 2007. Disponível em: http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at_download/publicationfile
 28. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, 2008. Disponível em: <http://www.nano4all.nl/Reporshortsummary.pdf>
 29. Austrian Central Labour Inspectorate (ACLI), *Use of Nano at the Workplace*, 2009. Disponível em: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano_Untersuchung.pdf
 30. Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de dezembro de 2006 relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH), que cria a Agência Europeia das Substâncias Químicas, que altera a Diretiva 1999/45/CE e revoga o Regulamento (CEE) n.º 793/93 do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1488/94 da Comissão, bem como a Diretiva 76/769/CEE do Conselho e as Diretivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE da Comissão, JO L 396, 30 de dezembro de 2006. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:en:NOT>
 31. Regulamento (UE) n.º 453/2010 da Comissão, de 20 de Maio de 2010, que altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), JO L 133, 31 de maio de 2010. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010R0453:EN:NOT>
 32. Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA), *Guia de orientação sobre a elaboração de fichas de dados de segurança*, dezembro de 2011. Disponível em: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_en.pdf
 33. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, DHHS (NIOSH) Publication No. 2012–147. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/>
 34. Diretiva 89/656/CEE do Conselho—utilização de equipamentos de proteção individual - de 30 de Novembro de 1989, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de proteção individual no trabalho (terceira Diretiva especial, na aceção do nº 1 do artigo 16º da Diretiva 89/391/CEE). Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/workplaces-equipment-signs-personal-protective-equipment/osh-directives/4>
 35. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, 'Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche—Ein Betriebsleitfaden (*Safe Application of Nanomaterials in the Paint Sector—A Guideline*)', *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Disponível em: www.hessen-nanotech.de
 36. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?*, DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. Disponível em: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf
 37. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles*, DR-331 200810-6, Nanosafe2, 2008. Disponível em: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf
 38. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben (Explosion Protection: Need for Action for Nano Dusts)*, sem data. Disponível em:

<http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (consultado em 3 de dezembro de 2012).

39. The Social and Economic Council of the Netherlands (SER), *Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials*, 2012. Disponível em: http://www.ser.nl/en/sitecore/content/Internet/en/Publications/Publications/2012/2012_01.aspx (consultado em 20 de outubro de 2012).
40. Nanowerk, *SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials*, 2012. Disponível em: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=4136.php> (accessed 20 October 2012)
41. Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (Regulamento CRE), JO L 353, 31 de dezembro de 2008. Disponível em: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>

Leitura adicional

- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), Estudos de casos (Base de dados em linha), 2012. Disponível em: http://osha.europa.eu/en/practical-solutions/case-studies/index_html/practical-solution?SearchableText=&is_search_expanded=True&getRemoteLanguage=en&keywords%3Alist=nanotechnology&nace%3Adefault=&multilingual_thesaurus%3Adefault=&submit=Search (consultada em 23 de julho de 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), *Nanomaterialien—Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Nanomaterials—a Challenge for Occupational Health and Safety)*, Hauptvorstand, 2011. Disponível em: http://www.saarbruecken.igbce.de/portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/site_www.igbce.de/static_files/PDF-Dokumente/Schwerpunktthemen/Nanotechnologie/d343dc332c78e5258ecea71035bf21ca.pdf
- Comissão Europeia (CE), *Commission staff working document on an Action Plan for the EU Health Workforce Accompanying the document communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “Towards a job-rich recovery”*, Estrasburgo, 18 de abril de 2012 SWD(2012) 93 final.
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), *Safe Maintenance in Practice*, 2010. Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), *Saúde e segurança dos trabalhadores do setor da saúde*. Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/setor/healthcare>.