

NANOMATERIAIS NO TRABALHO DE MANUTENÇÃO: 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, tanto na nossa vida quotidiana como no nosso local de trabalho. Isto significa que pode haver um número crescente de trabalhadores que executam trabalhos de manutenção expostos a nanomateriais. 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 trabalhadores se podem deparar com nanomateriais ao executar trabalhos de manutenção, e fornece informações sobre as medidas que devem ser tomadas para prevenir potenciais exposições.

1 Introdução

1.1 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⁾, uma escala comparável à de átomos e moléculas. Podem ter origem natural, como os nanomateriais presentes nas cinzas vulcânicas, ou ser uma consequência não intencional de atividades humanas, como os contidos nos gases de escape dos motores *diesel*. No entanto, um grande número de nanomateriais são intencionalmente fabricados e colocados no mercado, e são precisamente estes nanomateriais 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.

As propriedades específicas (e inovadoras) dos nanomateriais fabricados representam muitos benefícios para inúmeras aplicações. Os nanomateriais fabricados podem ser utilizados tanto sob a forma estreme como em combinação com outros materiais, para conseguir resultados como, por exemplo:

1. a miniaturização (p. ex., de equipamentos eletrónicos);
2. a redução do peso (em consequência da eficiência acrescida do material); e
3. a melhoria das funcionalidades de materiais (p. ex., aumento da durabilidade, da condutividade, da estabilidade térmica e da solubilidade, e diminuição da fricção).

Os tipos de nanomateriais fabricados potencialmente presentes nos locais de trabalho dependem dos tipos de processos levados a cabo, dos tipos de produtos produzidos e dos materiais utilizados como fatores de produção ou como adjuvantes tecnológicos.

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

- Um «nanomaterial» é «um material natural, produzido acidentalmente 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 objetos numa dada gama de tamanhos dividido pelo número total de objetos».
- «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».

1.2 Manutenção



Autor: Dovile Cizaite

A manutenção regular é essencial para manter os equipamentos, máquinas, edifícios e estruturas (como as pontes e túneis), bem como o ambiente de trabalho, em condições de segurança e fiabilidade. Os trabalhos de manutenção incluem uma diversidade de atividades em setores e tipos de ambientes de trabalho muito diferentes entre si. Abrangem normalmente os serviços de assistência, reparação e inspeção, ensaios, ajuste e substituição de peças, e podem incluir, por exemplo, a abertura de sistemas de produção fechados, a substituição de filtros, a remoção de camadas de tinta, a decapagem a jato, a lixagem, o polimento, a aplicação de enchimentos, a aplicação de tinta, os trabalhos de isolamento, e ainda a reparação de uma rede elétrica ou de abastecimento de gás ou água. Atendendo a que a manutenção é realizada, em maior ou menor medida, em todos os setores e em todos os locais de trabalho, os trabalhadores que executam a manutenção têm uma maior probabilidade de exposição a uma ampla variedade de riscos profissionais do que os restantes trabalhadores.

A manutenção pode ser pró-ativa - para evitar falhas em máquinas e estruturas e condições de trabalho inseguras - ou reativa - para reparar equipamentos ou módulos de construção. As atividades de manutenção podem, pois, fazer parte da rotina diária de um trabalhador, como é o caso da limpeza e verificação de uma pistola de pulverização no final do dia de trabalho, ou de ações específicas levadas a cabo quando os equipamentos ou máquinas não estão a funcionar corretamente. Os trabalhos de manutenção podem ser a principal atividade dos trabalhadores da construção civil.

Encontram-se disponíveis mais informações úteis sobre as atividades de manutenção e a SST no sítio Web da EU-OSHA, em <https://osha.europa.eu/en/topics/maintenance>.

1.3 Nanomateriais no trabalho de manutenção

Embora a nanotecnologia seja um ramo relativamente novo da indústria, os nanomateriais, graças às suas propriedades específicas, já são utilizados em inúmeras aplicações, o que significa que a possibilidade de exposição a nanomateriais durante a execução de atividades de manutenção deve ser tomada em consideração num número crescente de setores e locais de trabalho.

Com efeito, com o aumento do número de produtos transformados que contêm nanomateriais, é cada vez maior a probabilidade de os trabalhadores terem de realizar trabalhos de manutenção nesses produtos e, possivelmente, estarem expostos aos nanomateriais. Entre outros exemplos de produtos que contêm nanomateriais, refiram-se os automóveis, os pneus de baixa resistência ao rolamento, equipamentos elétricos e eletrónicos como os sensores e os componentes eletrónicos de elevada eficiência, e equipamentos para a produção de energia como os sistemas de baterias recarregáveis de alta potência ou os painéis solares inteligentes de película fina. Os próprios edifícios também podem conter nanomateriais.

Além disso, existe no mercado um número crescente de produtos de manutenção que contêm nanomateriais fabricados e que são utilizados para realizar trabalhos de manutenção, como os lubrificantes, os revestimentos e os produtos adesivos. Se não estiverem asseguradas medidas de prevenção adequadas, também estes produtos podem induzir a exposição dos trabalhadores a nanomateriais.

Por outro lado, determinadas aplicações de nanomateriais fabricados podem traduzir-se em enormes benefícios para os trabalhadores de manutenção do ponto de vista da SST, como é o caso, por exemplo, das tintas inteligentes utilizadas para a deteção de fissuras ou de corrosão em superfícies

pintadas. As tintas inteligentes contêm nanotubos de carbono que são condutores de eletricidade. A condutividade destes é afetada pela presença de tais defeitos na superfície e, como tal, estas tintas podem ser utilizadas para a deteção remota de problemas estruturais microscópicos, por exemplo, em pontes ou turbinas eólicas, evitando assim a necessidade de trabalhar em altura para inspecionar tais estruturas.

2 Riscos dos nanomateriais para a SST dos trabalhadores que realizam operações de manutenção

Apesar de os nanomateriais proporcionarem inúmeros benefícios, alguns podem ser perigosos para a saúde e segurança humanas [2–4] e colocar em risco os trabalhadores que realizam atividades de manutenção.

2.1 Perigos e vias de exposição

Os riscos para a segurança podem advir da elevada explosividade, inflamabilidade ou potencial catalítico de alguns nanomateriais em pó, sobretudo os de natureza metálica.

Os nanomateriais podem ter potenciais efeitos tóxicos muito diversos, mesmo que o mesmo material em macroescala não os tenha. Isto deve-se principalmente à reduzida dimensão dos nanomateriais, mas também depende da forma das partículas, da sua natureza química, do estado da superfície (por exemplo, zona superficial, funcionalização da superfície, tratamento da superfície), estado de agregação/aglomeração, etc. [3, 4].

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 [3, 4]. 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 detetada a presença de alguns nanomateriais nos pulmões, fígado, rins, coração, órgãos reprodutivos, feto, cérebro, baço, esqueleto e tecidos moles [5]. Há questões em aberto sobre a bioacumulação de nanomateriais, bem como sobre os mecanismos de eliminação pelas células e órgãos. Coloca-se a questão adicional de saber até que ponto um nanomaterial, mesmo não sendo tóxico em si mesmo, poderá atuar como um “cavalo de Troia” pelo facto de um material mais tóxico se poder unir ao nanomaterial e conseguir entrar no corpo, órgãos ou células [6].

Os efeitos mais significativos dos nanomateriais foram detetados nos pulmões e incluem inflamação, lesões nos tecidos, stresse oxidativo, toxicidade crónica, citotoxicidade, fibroses e aparecimento de tumores. Alguns nanomateriais podem também afetar o sistema cardiovascular. As propriedades potencialmente perigosas dos nanomateriais fabricados são objeto de uma investigação em curso [3, 4].

No quadro 1 são apresentados exemplos de nanomateriais a que podem estar expostos os trabalhadores que executam tarefas de manutenção. Estes nanomateriais são particularmente relevantes nesse domínio, já que são utilizados em tintas, desinfetantes, agentes de limpeza e outros produtos comumente utilizados em trabalhos de manutenção.

Quadro 1: Exemplos de nanomateriais a que podem estar expostos os trabalhadores que executam a manutenção e os seus perigos potenciais para a saúde

Tipo de nanomaterial	Perigos para a saúde
Nanopartículas de prata	A utilização de nanopartículas de prata representa um perigo potencial para a saúde humana [8] e 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 da nanoprata na resistência antimicrobiana [9]. Receia-se que as nanopartículas de prata possam causar efeitos adversos à saúde, como alergias [10], edemas pulmonares [11], e argiria ou argirose (ou seja, descoloração azulada ou azulada-cinza ou uma pigmentação negra da pele, unhas, olhos, mucosas ou órgãos internos devido à deposição de partículas de prata). Estas doenças não são reversíveis e são incuráveis [12]. Ficou também documentado através de investigação levada a cabo em ratos que as nanopartículas de prata podem chegar ao cérebro através das vias respiratórias superiores [13].
Nanopartículas de dióxido de titânio (TiO ₂)	As partículas de dióxido de titânio, quando inaladas, foram classificadas pelo Centro Internacional de Investigação do Cancro (CIIC) como possivelmente cancerígenas para os seres humanos (cancerígenas, do Grupo 2B) [14]. O Instituto Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho (NIOSH), 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) [15].
Nanopartículas de sílica	Os estudos disponíveis sobre a toxicidade das nanopartículas de sílica tiveram por base os efeitos da sílica na saúde após exposição através das vias respiratórias, na sequência de exposição aguda ou subaguda. Entre os efeitos para a saúde relatados, há a referir inflamação pulmonar, formação de granulomas e enfisema focal [16].

Existem três principais vias possíveis de exposição aos nanomateriais no local de trabalho [2, 3, 6, 17–19]:

- **A inalação** é a via mais comum de exposição, no local de trabalho, a nanopartículas suspensas no ar. 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 olfativo.
- **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. 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 [2, 18]. A pele intacta parece constituir uma boa barreira contra a absorção de nanomateriais [20]. A pele lesionada parece ser menos eficaz, mas o nível de absorção tende a ser mais baixo do que o associado à inalação [20]. No entanto, apesar destas conclusões, o contacto com a pele também deve ser evitado e controlado.

O potencial de exposição depende, pois, principalmente, da probabilidade de os nanomateriais assumirem a forma de partículas em suspensão no ar, sendo que as formas pulverulenta ou pulverizada representam um risco potencial maior do que suspensões em materiais líquidos, pastosos, granulares, ou compostos. Por sua vez, os nanomateriais presentes em líquidos representam um potencial de risco maior do que as nanoestruturas ligadas ou fixas, como as que integram uma matriz polímera [21].

2.2 Atividades de manutenção com risco de exposição a nanomateriais

Os trabalhadores que executam tarefas de manutenção podem estar expostos a nanomateriais fabricados, nas seguintes situações:

- quando utilizam produtos de manutenção que contêm nanomateriais;
- quando procedem à manutenção de instalações em que estão presentes nanomateriais: por exemplo, uma linha de produção em que são utilizados ou transformados nanomateriais ou produtos que contêm nanomateriais, e quando estes nanomateriais se depositam, por exemplo, nas superfícies da instalação objeto da manutenção; e
- quando o próprio processo de manutenção gera nanomateriais: por exemplo, quando envolve operações de lixagem ou polimento.

No quadro 2 são apresentados exemplos de produtos que os trabalhadores de manutenção são suscetíveis de utilizar, manusear ou processar e que contêm nanomateriais a que esses trabalhadores podem estar expostos ao executar o seu trabalho.

Quadro 2: Exemplos de produtos utilizados em manutenção que contêm nanomateriais

Principais tipos de nanomateriais	Exemplos de produtos utilizados em manutenção
Dióxido de titânio (TiO ₂)	Tintas, revestimentos antibacterianos, produtos de limpeza, cimentos, telhas, revestimentos de parede, revestimentos repelentes de sujidade para janelas, revestimentos de automóveis (todos estes produtos exploram as propriedades de esterilização, desodorização, anti-embaciamento e autolimpeza do TiO ₂ à nanoescala); o dióxido de titânio é também utilizado no vidro, pela sua propriedade de mudar de cor quando exposto à luz [6, 22–24]
Sílica (SiO ₂)	Tintas, betão e produtos de limpeza [6, 23]
Nanopartículas de prata	Utilizadas como biocidas em corantes/tintas e vernizes, polímeros, pias e louças sanitárias, bem como em diversas aplicações de «consumo», como desinfetantes e produtos de limpeza [6]
Nanotubos de carbono	Tintas [23], construções leves
Negro de carbono	Pigmentos
Carbonetos (p. ex., WC, TiC, SiC), nitretos (p. ex., TiN, CrN), metais (p. ex., W, Ti, Mo) ou cerâmica (p. ex., Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	Sistemas tribológicos de revestimento aplicados à superfície de um componente a fim de controlar o seu atrito e desgaste [25]
Óxidos de ferro	Aditivos para produtos adesivos; formulações para permitir a colagem e descolagem a comando [25]
Dióxido de zircónio	Aditivos para cimento, aditivos para plásticos
Óxidos de cobre	Agentes de preservação de madeira
Nanopartículas revestidas a ouro	Automóveis e lubrificantes [26]

Eis algumas das atividades de manutenção suscetíveis de induzir a exposição dos trabalhadores a nanomateriais:

- **Utilização de produtos líquidos que contêm nanomateriais:**
 - a manipulação de produtos líquidos (p. ex., lubrificantes, tintas, revestimentos, adesivos) ou a limpeza de derrames pode resultar em exposição dérmica da pele desprotegida;
 - em algumas circunstâncias, as atividades de manutenção implicam a preparação de produtos líquidos, o que pode incluir operações de vazamento ou mistura envolvendo um elevado grau de agitação, dando azo à criação de aerossóis passíveis de ser inalados (e, em seguida, parcialmente ingeridos) ou depositados sobre a pele desprotegida, resultando em exposição cutânea;
 - a pulverização, por exemplo, de um nano-revestimento ou uma nano-tinta isolante pode resultar em inalação, ingestão ou exposição dérmica; e
 - a pulverização de um nanomaterial combustível líquido também aumenta o risco de explosão ou incêndio.
- **Utilização de pós com nanomateriais:**
 - O manuseamento (p. ex., pesagem, vazamento ou mistura) de pós que contêm nanomateriais, a fim de preparar produtos necessários para as atividades de manutenção, pode gerar nanomateriais em suspensão no ar e levar à exposição cutânea, inalação e ingestão de nanomateriais.
- **Utilização de nanoestruturas ligadas ou fixas (matriz polímera):**
 - a maquinaria, lixagem, perfuração ou qualquer outra atividade suscetível de danificar a estrutura de matriz pode provocar a libertação de nanopartículas no ar, o que pode levar à penetração dérmica, inalação e ingestão de nanopartículas. Os nanomateriais contidos na matriz objeto de desgaste não são necessariamente libertados como partículas primárias, uma vez que se podem ligar a outras partículas do aerossol gerado no processo. Contudo, é possível que estes nanomateriais ligados se desliguem das partículas de aerossol uma vez inalados, sendo portanto libertados no organismo.
- **Manutenção de equipamentos utilizados para produzir ou tratar nanomateriais ou produtos que contêm nanomateriais:**
 - atividade suscetível de libertar nanomateriais, em alguns casos acidentalmente, com o risco de eventual exposição dérmica, inalação e ingestão.
- **Limpeza de sistemas de recolha de poeiras utilizados para captar nanomateriais:**
 - atividade suscetível de expor os trabalhadores a elevadas concentrações de nanomateriais depositados ou em suspensão no ar, o que pode levar a exposição dérmica, inalação e ingestão.
- **Limpeza de derrames de nanomateriais:**
 - atividade suscetível de causar exposição dérmica, inalação e ingestão.
- **Transporte e eliminação de resíduos que contêm nanomateriais:**
 - atividade suscetível de causar exposição dérmica, inalação e ingestão.

Além disso, a dispersão de nanopoeiras no ar aumenta o risco de explosão e incêndio.

O nível de exposição será maior se as atividades forem realizadas em espaços confinados, como tanques, sem medidas de controlo adequadas.

3 Prevenção

De acordo com a Diretiva 89/391/CEE da UE [5], 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 [27] impõe normas mais rigorosas sobre a gestão dos riscos das substâncias no local de trabalho, as quais se aplicam aos nanomateriais visto estes serem abrangidos pela definição de «substâncias». 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 [28] deve ser cumprida. Seja como for, a legislação nacional pode ter disposições mais rigorosas e deve ser consultada.

Atendendo a que os nanomateriais são considerados substâncias, o Regulamento REACH (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas) [29] e o Regulamento CRE (Regulamento relativo à Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas) [30] são igualmente relevantes.

3.1 Dificuldades na prevenção dos riscos associados aos nanomateriais nas atividades de manutenção

A realização da avaliação de riscos no local de trabalho associados aos nanomateriais pode, regra geral, constituir um desafio atendendo às limitações atuais em matéria de:

1. conhecimento das propriedades perigosas dos nanomateriais;
2. métodos e dispositivos disponíveis para identificar nanomateriais e as fontes de emissão e medidas relativas aos níveis de exposição; e
3. informações sobre a presença de nanomateriais, em particular em misturas ou materiais, 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 [31-34]. Este é um aspeto particularmente problemático em fases posteriores da cadeia de fornecimento ou contratação. Por exemplo, cerca de 75% dos trabalhadores e dos empresários da construção não têm consciência da presença de nanomateriais nos seus locais de trabalho [35]. As organizações são, pois, aconselhadas a contactar diretamente os fornecedores para solicitar mais informações. Existem também diversas bases de dados úteis que identificam os produtos comerciais que contêm nanomateriais [36-38]. Além disso, é exetável que as alterações ao Anexo II do Regulamento REACH [39], 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) [40], que fornece mais informação sobre a abordagem às características dos nanomateriais, contribuam para melhorar a qualidade das informações contidas nas FDS.

A ficha informativa 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 atual. Todavia, podem surgir outras dificuldades específicas relacionadas com a gestão dos riscos dos nanomateriais e a proteção dos trabalhadores nas operações de manutenção.

A subcontratação dos trabalhos de manutenção é muito comum. Os prestadores dos serviços contratados realizam frequentemente o seu trabalho em instalações com que não estão familiarizados e, se não tiverem sido devidamente informados, podem expor-se a nanomateriais sem sequer ter consciência disso. A falta de informação sobre os nanomateriais que podem estar presentes nas máquinas (por exemplo, em linhas de produção em que se utilizam ou transformam nanomateriais ou produtos que os contêm), equipamentos (por exemplo, sistemas de extração de gases de escape) ou edifícios (por exemplo, superfícies pintadas com tintas que contêm nanomateriais) objeto da manutenção dificulta a correta avaliação e prevenção dos riscos. Tais situações resultam principalmente de uma deficiente planificação das atividades, uma falta de organização do trabalho e de uma comunicação em ambos os sentidos da cadeia de contratação.

Outra dificuldade está associada ao facto de as situações de manutenção implicarem frequentemente condições operacionais e de utilização do equipamento fora do normal. As medidas de controlo dos riscos são, em alguns casos, desativadas por força do trabalho de manutenção a realizar: por exemplo, quando se abre um sistema fechado a fim de permitir o acesso dos trabalhadores para procederem à manutenção de uma máquina de produção ou transformação de nanomateriais, ou quando se faz a manutenção do próprio dispositivo de controlo de riscos técnicos. As orientações disponíveis para a prevenção de riscos de SST associados a nanomateriais abordam geralmente

condições operacionais normais, mas a exposição dos trabalhadores nestas condições operacionais «anómalas» durante os trabalhos de manutenção poderá ser significativamente diferente. Se não forem adotadas medidas de controlo adequados durante os trabalhos de manutenção, isso coloca obviamente em risco os trabalhadores que os executam, mas também, possivelmente, os trabalhadores da empresa cliente.

Os possíveis riscos profissionais associados aos nanomateriais devem ser devidamente identificados, avaliados e comunicados antes de programar e levar a cabo os trabalhos (subcontratados) de manutenção [41]. É importante que os trabalhadores de manutenção estejam devidamente informados sobre a presença, as características, os riscos possíveis e as medidas de prevenção adequadas relativamente aos nanomateriais que são utilizados, manipulados ou tratados nos locais de trabalho onde eles têm de realizar o trabalho de manutenção -, bem como sobre quaisquer outros perigos no local de trabalho. Igualmente essencial é facultar aos trabalhadores uma formação e instruções de trabalho adequadas.

3.2 Medidas de prevenção

A escolha das medidas de prevenção deve basear-se na avaliação dos riscos no local de trabalho e deve obedecer à hierarquia de medidas de controlo, com prioridade para a eliminação e substituição, seguidas de medidas técnicas na fonte, medidas organizacionais e, por último, a utilização de equipamento de proteção individual, como último recurso. Em caso de dúvida sobre os riscos dos nanomateriais, deve aplicar-se o princípio de precaução na escolha das medidas de prevenção para evitar a exposição.

3.2.1 Eliminação e substituição

Devem analisar-se as possibilidades de eliminação ou substituição dos nanomateriais perigosos com a empresa à qual se vai prestar o trabalho de manutenção. Se a manutenção vai ser efetuada em locais de trabalho onde são gerados ou utilizados nanomateriais pelos benefícios inerentes às suas nano-propriedades específicas, ou se a manutenção vai ser realizada em estruturas de edifícios já existentes que contêm nanomateriais, a eliminação e substituição podem não ser uma opção. 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. No caso de nanomateriais perigosos contidos nos produtos utilizados, por exemplo, para limpeza ou reparação, deve avaliar-se a disponibilidade de alternativas menos perigosas.

Em todo o caso, qualquer forma de nanomaterial que possa propagar-se no ar (como pós ou poeiras) deve ser substituída por materiais no estado líquido ou solubilizado, granulados, pastas, ou nanomateriais ligados formando um sólido, e a utilização de pós ou poeiras deve ser evitada sempre que possível.

Também será eventualmente possível reduzir o comportamento perigoso de um nanomaterial procedendo à sua modificação: por exemplo, revestindo-o de modo a ajustar a formação de poeira, a solubilidade e outras propriedades.

Poderão utilizar-se as ferramentas de informação específicas baseadas na Web, como a Stoffenmanager [42] ou a GISBAU [43], para procurar possibilidades de substituição.

3.2.2 Controlos técnicos

Devem aplicar-se medidas técnicas de prevenção na fonte de emissão de nanomateriais. O controlo técnico mais eficaz na fonte é a contenção mediante a utilização de sistemas fechados e instalações fechadas. Os sistemas locais de ventilação por aspiração eficazes, com filtros de partículas de ar de alto rendimento (HEPA) ou filtro de ar de penetração ultra baixa (ULPA) também são eficazes para captar os nanomateriais na fonte nos casos em que a contenção não é viável.

Todavia, em alguns casos, o trabalho de manutenção consiste em inspecionar e reparar os próprios controlos técnicos, ficando assim possivelmente desativada a função preventiva desses controlos técnicos. Por exemplo, quando um contentor de produção de nanomateriais (normalmente um sistema fechado) é aberto para trabalhos de manutenção e o sistema de extração é, portanto, parado, o trabalhador de manutenção deve utilizar equipamento de proteção individual (ver secção 4.4).

Os sistemas locais de extração de ar (portáteis) podem ser particularmente úteis para proteger os trabalhadores da exposição durante as operações de manutenção, por exemplo, na remoção de tinta

de uma superfície, que causa formação de partículas. A eficiência de captação dos sistemas locais de ventilação por aspiração no caso de nanomateriais não é menor do que no caso de materiais grossos. Quando se utilizam dispositivos de extração do ar portáteis, as zonas de respiração dos trabalhadores devem situar-se fora do fluxo de ar entre a possível fonte de emissão de nanomateriais e o sistema de extração.

Os sistemas de ventilação utilizados para controlar a exposição aos nanomateriais devem ter filtros em fases distintas, com filtros HEPA (H14) ou ULPA colocados no final. Investigações realizadas sobre a eficácia de materiais de filtragem para as nanopartículas e aerossóis mostraram que, em muitos casos, os filtros tradicionais de fibra de vidro e os filtros de eletretos são eficazes para as nanopartículas e os aerossóis em geral.

Em espaços confinados, o ar extraído deve ser substituído por ar fresco.

3.2.3 Medidas organizacionais

As medidas organizacionais desempenham um papel importante na prevenção. Dada a enorme variedade de tipos de locais e tarefas envolvidos na atividade de manutenção, é fundamental definir um planeamento conveniente dos procedimentos e outras medidas organizacionais, que incluem os seguintes elementos:

- Designação de áreas específicas para a realização do trabalho de manutenção através do qual podem ser libertados nanomateriais, seja dos produtos de manutenção, seja dos objetos em manutenção. Essas áreas devem ser isoladas ou separadas dos restantes locais de trabalho, por exemplo por paredes, e clara e adequadamente sinalizadas.
- Minimização do número de trabalhadores expostos a riscos e da duração da exposição aos nanomateriais.
- Proibição do acesso de pessoal não autorizado às áreas onde se processa a atividade de manutenção, por exemplo, através da colocação de sinais ou do isolamento da área com barreiras.
- Limpeza regular (lavagem) das áreas de trabalho onde os nanomateriais são usados ou manuseados.
- Monitorização dos níveis de concentração de ar, por exemplo, em comparação com contextos em que não há manuseamento de nanomateriais.

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) [30] 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.

Os procedimentos de manutenção devem cumprir alguns princípios gerais, que se aplicam independentemente de haver ou não nanomateriais envolvidos:

- O planeamento do trabalho de manutenção 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 de manutenção onde são manuseados nanomateriais com toxicidade e comportamento 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.
- Há que evitar a pressão do tempo, prevendo tempo suficiente para implementar e realizar o trabalho de manutenção.
- Os trabalhadores da manutenção devem receber a formação necessária para garantir que dispõem do conhecimento e das competências adequados à realização de um trabalho em segurança e protegido da exposição a qualquer libertação de nanomateriais.
- Todos os trabalhadores da manutenção devem receber sempre as instruções e a informação pertinentes, em especial nos casos em que são contratados só para essa tarefa e/ou não estão

familiarizados com os riscos químicos em geral e com os riscos dos nanomateriais em particular. Essas informações também devem constar das instruções de trabalho.

- Há que adotar uma abordagem de precaução no que respeita à prevenção de riscos associados a nanomateriais; devem ser implementadas todas as medidas possíveis, de acordo com a hierarquia das medidas de prevenção, com vista a reduzir a liberação de nanomateriais.
- Concluída a manutenção, o local de trabalho deve ser limpo e o procedimento de manutenção deve ser integralmente documentado.

Os trabalhadores expostos a nanomateriais perigosos durante os trabalhos de manutenção devem ser incluídos nos programas de vigilância no âmbito da medicina do trabalho, com documentação pormenorizada sobre as situações de exposição.

3.2.4 Equipamento de proteção individual

O equipamento de proteção individual (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.

As recomendações relativas ao equipamento de proteção para os nanomateriais são atualmente as mesmas que as que se aplicam à prevenção da exposição às poeiras e aerossóis ou, dependendo do tipo de exposição em causa, à exposição por via dérmica [44]. Estas medidas de proteção são pensadas de forma a serem igualmente eficazes para os 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 (por exemplo, óculos) ou ferramentas de que necessitem, conforme o caso. Há que ter presente que o nível de proteção do 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.

Os trabalhadores da manutenção podem precisar de utilizar EPI que pode eventualmente não ser necessário durante o funcionamento normal no local de trabalho onde o trabalho de manutenção é realizado. Se, por exemplo, o trabalhador tiver de abrir um contentor de produção onde é efetuada a mistura de tintas contendo nanomateriais, ele deve usar uma máscara com fornecimento de ar exterior para evitar a inalação de nanomateriais. Durante o funcionamento normal, o contentor permanece fechado, pelo que não é necessário um dispositivo de proteção respiratória.

▪ Proteção respiratória

Se a exposição aos nanomateriais suspensos no ar não puder ser evitada com as medidas de prevenção já mencionadas nos pontos 4.1 a 4.3, então recomenda-se a utilização de proteções respiratórias adequadas para uma situação de exposição desse tipo, sejam elas máscaras faciais completas ou semimáscaras com filtros P3/FFP3 ou P2/FFP2, dispositivos de filtragem de partículas com ventilador de ar e capacete (TH2P ou MH3P), ou dispositivos de filtragem de partículas com ventilador de ar e máscaras faciais completas ou semimáscaras (TM2P e TM3P)⁽²⁾ [45].

Os filtros HEPA e os cartuchos e máscaras respiratórias com materiais filtrantes fibrosos são considerados eficazes para os nanomateriais.

A escolha dos aparelhos de proteção respiratória (RPD) dependerá de:

- O tipo, dimensão e concentração dos nanomateriais suspensos no ar;

⁽²⁾ De acordo com alguns estudos, a penetração das nanopartículas de cloreto de potássio nos filtros P2 é de 0,2% e nos filtros P3 é 0,011%. Testes com partículas de grafite de diferentes tamanhos mostraram uma penetração máxima de 8%, o que indica uma maior proteção dos filtros P3. Mas os resultados não podem ser generalizadas a todas as nanopartículas (ver [45]).

- O fator de proteção atribuído ao RPD (que inclui os acessórios para vedação facial e a eficácia de filtragem); e
- As condições de trabalho.

A eficácia de filtragem dos aparelhos respiratórios e filtros constitui um fator importante na avaliação do EPI. Outros fatores, como o ajustamento à cara, o período de tempo durante o qual o EPI é usado e se este é sujeito a uma manutenção adequada, podem também ajudar a mitigar a exposição. A filtragem com semimáscaras sem uma vedação adequada entre a cara e a máscara demonstrou constituir um fator de risco preponderante [44]. A redução da exposição deverá ser sempre considerada como uma combinação entre a eficiência do filtro e as características de utilização da máscara respiratória, expressa nos chamados fatores dos aparelhos respiratórios em alguns países da União Europeia.

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

▪ **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 [44].

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 sua eliminação depois de utilizados, de forma a não contaminar os indivíduos ou o local de trabalho em geral.

▪ **Luvas**

- 1.1 As luvas são particularmente importantes durante o trabalho de manutenção, uma vez que os trabalhadores estão frequentemente em contacto direto com os nanomateriais, quer dos produtos que utilizam, quer dos objetos e materiais submetidos à manutenção. Como acontece relativamente aos produtos químicos em geral, a eficácia dos materiais de proteção é específica às características dos nanomateriais. Devem ser cumpridas as recomendações específicas relativas ao nanomaterial em causa disponibilizadas pelo fornecedor, constantes, por exemplo, nas FDS (fichas de dados de segurança). No caso das partículas de dióxido de titânio e de platina, revelaram-se eficazes o nitrilo, o látex e o neoprene [44]. A espessura do material da luva constitui 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 [46].

Contudo, isto não permite avaliar de antemão a eficácia de luvas para manuseamento de líquidos ou coloides. A eficácia das luvas relativamente a um nanomaterial específico na forma que este assume no local de trabalho (poeiras, líquidos, etc.), deve ser especialmente verificada junto do fornecedor das luvas.

3.3 Prevenção de explosão e/ou fogo

Em consequência da sua pequena dimensão, os nanomateriais em pó podem apresentar riscos de explosão, ao contrário dos correspondentes nanomateriais grossos ⁽³⁾ [47]. Assim, devem ser tomados cuidados especiais no manuseamento ou formação de nanomateriais em pó, incluindo ao esmerilar, lixar ou polir materiais que contenham nanomateriais.

As medidas de prevenção relativas aos nanomateriais em forma de pó são essencialmente as mesmas que para qualquer outro material grosso explosivo e inflamável e para as nuvens de pó

⁽³⁾ O potencial explosivo da maioria das poeiras orgânicas e de muitos metais aumenta com a diminuição do tamanho da partícula. 500 nm parece ser a dimensão limite máxima das partículas de uma nuvem de pó explosiva. Até ao momento, ainda não foi determinado qualquer limite de tamanho abaixo do qual as explosões de pó podem ser excluídas (ver [47]).

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. Eis alguns exemplos:

- O manuseamento deve ser limitado, sempre que possível, a zonas-Ex específicas, e realizado em atmosferas inertes.
- Os materiais devem ser dissolvidos lavando o local de trabalho (prevenção de poeiras).
- Os equipamentos e outras fontes de baixa ignição, 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.
- O armazenamento de materiais explosivos ou inflamáveis no local de trabalho deve ser minimizado. Podem ser utilizados materiais antiestáticos.

3.4 Verificar a eficácia das medidas de prevenção

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.

Por outro lado, 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.

Os valores limite de exposição laboral (VLE) para os nanomateriais ⁽⁴⁾ [48] poderão 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 (VLE) não é suficiente.

Referências bibliográficas

1. Recomendação da Comissão, de 18 de outubro de 2011, sobre a definição de nanomaterial, JO L 275, pp. 38-40. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:PT:PDF>
2. 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, Publicação n.º 2009–125, 2009.
3. Comissão Europeia (CE), *Documento de Trabalho dos Serviços da Comissão: Tipos e utilizações dos nanomateriais, incluindo os aspetos relacionados com a segurança. Que acompanha a Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho e ao Comité Económico e Social sobre a Segunda revisão regulamentar relativa a «nanomateriais»*, SWD(2012) 288 final, Bruxelas, 2012. Disponível em: <http://eur-lex.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, Recensão bibliográfica, 2009. Disponível

⁽⁴⁾ Ver, por exemplo, o Conselho Económico e Social dos Países Baixos (SER) [48], os valores de referência provisórios para nanomateriais artificiais, de 2012, e Nanowerk [42], guia completo British Standards BSI da equipa SAFENANO para o manuseamento seguro dos nanomateriais, de 2012.

em:

http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles

5. Diretiva 89/391/CEE 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 JO L 183, 29.6.1989. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31989L0391>
6. Senjen, R., Nanomaterials - Health and Environmental Concerns, *Nanotechnologies in the 21st century*, Gabinete Europeu do Ambiente, 2.^a Ed., julho de 2009. Disponível em: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>
7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology*, 2012. Disponível em: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (acedido em 19 de outubro de 2012).
8. The ENRHES project, *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES)*, 2009. Disponível em: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report> (acedido em 29 de abril de 2013).
9. Comité Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (CCRSEI), *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
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, Ministério da Saúde austríaco), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien - Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte (Nanosilver in Cosmetics, Hygiene Articles and Food Contact - Products, Health-related and Regulatory Aspects)*, Viena, 2010. Disponível em: http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf
11. Comissão Europeia (CE), *Documento de Trabalho dos Serviços da Comissão: Tipos e utilizações dos nanomateriais, incluindo os aspetos relacionados com a segurança, Que acompanha a Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho e ao Comité Económico e Social sobre a Segunda revisão regulamentar relativa a «nanomateriais»*, SWD(2012) 288 final, Bruxelas, 3 de outubro de 2012. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
12. 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
13. 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', *Toxicology Science*, 2012, 126(2): pp. 457–468.
14. Organização Mundial de Saúde (OMS), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc*, Monografias do CIIC relativas à avaliação dos riscos de cancro nos seres humanos, Vol. 93, 2010. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>.
15. 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/>.
16. Napierska, D., Thomassen, L.C.J., Lison, D., Martens, J.A., Hoet, P.H., The nanosilica hazard: another variable entity, *Particle and Fibre Toxicology*, 2010, 7: p. 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, Relatório do Allianz Center for Technology e da OCDE, sem data. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>
18. Murashov, V., Occupational exposure to nanomedical applications, *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: pp. 203–213.
19. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L.A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively*, U.S. Environmental Protection Agency, Relatório n.º 12-P-0162, 2011. Disponível em: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>

20. 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): pp. 586–595.
21. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, Department Of Health And Human Services, Publicação n.º 2012–147, 2012.
22. Elvin, G., *Nanotechnology for Green Building*, Fórum Tecnologia Verde, 2007. Disponível em: http://esonn.fr/esonn2010/xlectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf
23. Responsible Nano Forum, *Nano Products - Where and How Nanotechnologies are Used Now*, sem data. Disponível em: <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (acedido 19 de outubro de 2012).
24. United States Government Accountability Office Nanotechnology (GAO), *Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research* (2012). Disponível em: <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (acedido 19 de outubro de 2012).
25. Observatory NANO, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry*, 2010. Disponível em: http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf (acedido em 19 de outubro de 2012).
26. 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.
27. 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), JO L 131, 5.5.1998. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:PT:PDF>
28. Diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos e mutagénicos durante o trabalho (sexta diretiva especial na aceção do n.º 1 do artigo 16.º da Diretiva 89/391/CEE), JO L 158, 30.4.2004. Disponível em: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32004L0037R\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32004L0037R(01))
29. 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 dos produtos químicos (REACH), que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos, 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, 30.12.2006. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/ALL/?uri=CELEX:32006R1907>
30. Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (Regulamento CRE), JO L 353, 31.12.2008. Disponível em: <http://echa.europa.eu/pt/regulations/clp/legislation;jsessionid=5FF5E1894B76C5833C85CF3988AEB11.live1>
31. 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
32. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, apresentado e distribuído em Nano4All, 15 de outubro de 2008.
33. 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
34. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels associated with the use of Engineered Nanomaterials*, 2010. Disponível em:

- <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>.
35. van Broekhuizen, F.A., van Broekhuizen, J.C., *Nanotechnology in the European Construction Industry— State of the art 2009 - Executive Summary*, Federação Europeia dos Trabalhadores da Construção e da Madeira (FETBB), Federação da indústria europeia da construção (FIEC), Amsterdão, 2009. Disponível em: <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>
 36. Organização dos Consumidores Europeus (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market*, 2012. Disponível em: <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfd=off&pdoc=1> (acedido em 19 de outubro de 2012).
 37. National Library of Medicine, Consumer Product Information Database, *The Household Products Database*, 2011. Disponível em: <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (acedido em 19 de outubro de 2012).
 38. Comissão Europeia (CE), *Documento de Trabalho dos Serviços da Comissão - Tipos e utilizações dos nanomateriais*, incluindo os aspetos relacionados com a segurança, Que acompanha a Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho e ao Comité Económico e Social sobre a Segunda revisão regulamentar relativa a «nanomateriais», SWD(2012) 288 final, 2012. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
 39. 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 de produtos químicos (REACH), JO L 133, 31.5.2010.
 40. Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA), Guia de orientação sobre a elaboração das fichas de dados de segurança, dezembro de 2011. Disponível em: http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_pt.pdf
 41. Nunes, I.L., 'The nexus between OSH and subcontracting', *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 2012, 41, suplemento 1: pp. 3062–3068.
 42. Ministério dos Assuntos Sociais e do Emprego dos Países Baixos, *Stoffenmanager 4.5*, undated. Disponível em: <https://www.stoffenmanager.nl/> (neerlandês, inglês e finlandês) (acedido em 3 de dezembro de 2012).
 43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU* [Sistema de informações relativas às substâncias perigosas da BG-BAU]. Disponível em: <http://www.gisbau.de/index.html> (acedido em 3 de dezembro de 2012).
 44. 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
 45. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, *Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden* (Aplicação segura de nanomateriais no setor das tintas e vernizes - Guia de orientação), *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Disponível em: www.hessen-nanotech.de
 46. 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
 47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben* (Proteção contra explosões: Necessidade de Ação no Domínio das Nanopoeiras), sem data. Disponível em: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (acedido em 3 de dezembro de 2012).
 48. Institute of Technology (OAWITA), *Assessment of the Austrian Academy of Science*, 2010. Disponível em: <http://epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (acedido em 10 de junho de 2011).

Outras leituras

- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), Base de Dados em Linha de Estudos de Casos, 2012. Disponível em: <https://osha.europa.eu/pt/practical-solutions/case-studies> (acedido em 23 de julho de 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), Nanomaterialien - Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Nanomateriais, um Desafio para a Segurança e Saúde no Trabalho), Hauptvorstand, 2011. Disponível em: <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), Pôr em Prática a Manutenção Segura, 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), Magazine 12. - Locais de trabalho seguros e saudáveis - Uma Campanha Europeia sobre Manutenção Segura, 2011 Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/publications/magazine/12/view>
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), Manutenção segura para as entidades patronais. Trabalhadores em segurança. Poupe dinheiro, Facts 89, 2011. Disponível em: <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/89>
- Health and Safety Executive (HSE), Risk Management of Carbon Nanotubes, Crown, 2009. Disponível em: www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf (acedido).