

CURSO CONCEITOS DE NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS À SAÚDE DOS TRABALHADORES

Impactos no meio ambiente

FUNDACENTRO/CTN

19 e 20 de julho de 2017

Arline Sydneia Abel Arcuri

São Paulo



Possíveis Impactos das Nanotecnologias no Meio Ambiente



Nanotecnologia

- **Novos riscos ambientais?**



COM RELAÇÃO AO MEIO AMBIENTE



- ✓ São relatados vários benefícios da nanotecnologia nesta área, sendo que **são muito pouco conhecidos os riscos** da dispersão dos **nanomateriais no ambiente**, assim como para a **saúde humana**.



Meio Ambiente - Benefícios

- ✓ Redução da Poluição,
- ✓ Produção limpa,
- ✓ Remediação da contaminação ambiental
- ✓ Redução no uso de matérias primas



Meio Ambiente - Benefícios

Estes benefícios estão presentes nas seguintes situações:

- ✓ Tratamento e purificação de água;
- ✓ Geração, estocagem e conservação de Energia;
- ✓ Redução da emissão dos carros;
- ✓ Produção limpa;
- ✓ Remediação e detecção de contaminação ambiental;
- ✓ Redução da poluição na agricultura - Saúde das culturas agrícolas protegidas por nanosensores.



Produtos e Serviços que estão no Mercado



http://lemonsinspace.blogspot.com/2005_05_01_archive.html



Produtos e Serviços que estão no Mercado



Life Straw Family filters

http://www.kitchenandresidentialdesign.com/2008_04_01_archive.html



Produtos e Serviços que estão no Mercado



Coletor solar

Folhas de vidro cobertas com pigmentos orgânicos avançados que concentram luz solar de forma mais eficiente.

Podem se usados na fachada e até nas janelas.



Produtos e Serviços que estão no Mercado

Superfície Voltaica Nanoestruturada



Fina, aderente, flexível, resistente a abrasão
 $\sim 0.1 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \sim \$0.10/\text{m}^2$



Produtos e Serviços que estão no Mercado

✓ Moinhos de vento com pás feitas através de nanotecnologia que são muito mais leves, fortes e duráveis.



Produtos e Serviços que estão no Mercado

- ✓ Nanopartículas de magnetita em óleo;
- ✓ O fluido pode ser moldado magneticamente;
- ✓ Pode ser utilizado para limpeza de derramamento de petróleo.



Meio Ambiente - Impactos

Inúmeras Questões:

- *Através de qual meio estes materiais*
- *penetram ao ambiente?*
- *Quais são os modos de dispersão*
- *destes materiais no ambiente?*
- *Estes materiais são transformados*
- *no ambiente?*
- *Que efeitos podem causar nas diferentes formas de vida do planeta?*



Meio ambiente - impactos

- *Até que ponto, os nanomateriais são "móveis" no solo e na água subterrânea?*
- *Qual é o potencial destes materiais, se forem liberados no solo ou aterros, de migrar para as águas subterrâneas e dentro de aquíferos, com exposição potencial para populações em geral por meio da ingestão destas águas?*
- *Qual é o potencial para esses materiais serem transportados ligados a partículas em suspensão (material particulado), nos sedimentos, ou em lamas para águas superficiais?*



Meio ambiente - impactos

Pesquisas começam a mostrar o **potencial poluente das nanopartículas** e como esses compostos podem afetar o **meio ambiente** numa escala bastante perigosa.

A **principal ameaça** está nos **efluentes de indústrias** que empregam esse tipo de material, mas eles **também** podem chegar ao ambiente por meio de **pesticidas** ou da rede de **esgoto doméstica**, na forma de água misturada com **produtos comuns, como xampu ou pasta de dentes**.

Uma análise recente do Laboratório Suíço de Tecnologia e Ciência dos Materiais (EMPA) mostra, por exemplo, que até mesmo **roupas tratadas com prata liberam partículas do composto na água usada para a lavagem das peças**.

Um trabalho publicado por pesquisadores norte-americanos há um ano também sugere que esses materiais acabam **liberados pelo esgoto** a partir de **alimentos**.

Table 5.2. Occurrence of nanoparticles originating from everyday consumer products

Source	Type of nanoparticle	Quantity used in terms of tonnes	Applications
Metals and alkaline earth metals	Ag	High	Antimicrobials, paints, coatings, medical use, food packaging
	Fe	High	Water treatment
	Pt	High	Catalysts
	Sn	Unknown	Paints
	Al	High	Metallic coating/plating
	Cu	Unknown	Microelectronics
	Zr	High	
	Se	Low	Nutraceuticals, health supplements
	Ca	Low	Nutraceuticals, health supplements
	Mg	Low	Nutraceuticals, health supplements
Metal oxides	TiO ₂	High	Cosmetics, paints, coatings
	ZnO	Low	Cosmetics, paints, coatings
	CeO ₂	High	Fuel catalyst, Paints
	SiO ₂	High	Paints, coatings
	Al ₂ O ₃	Low	Usually substrate bound, paintings
Carbon materials	Carbon black	High	Substrate bound, but released with tyre wear
	Carbon nanotubes	Medium-High	Used in a variety of composite materials
	Fullerenes (C ₆₀ -C ₈₀)	Medium-High	Medical and cosmetics use
Miscellaneous	Nanoclay	High	Plastic packaging
	Ceramic	High	Coatings
	Quantum dots	Low	Different compositions
	Organic nanoparticles	Low	Vitamins, medicines, carriers for medicines and cosmetics, food additives and ingredients

Source: Brar, S.K. et al. (2010).

Meio Ambiente - Impactos

Segundo Metcalfe et col. bactérias, plantas e invertebrados são os organismos mais sensíveis aos efeitos biológicos dos nanomateriais.

Assim, os efeitos podem ser observados em primeiro lugar nos organismos mais simples da cadeia alimentar.



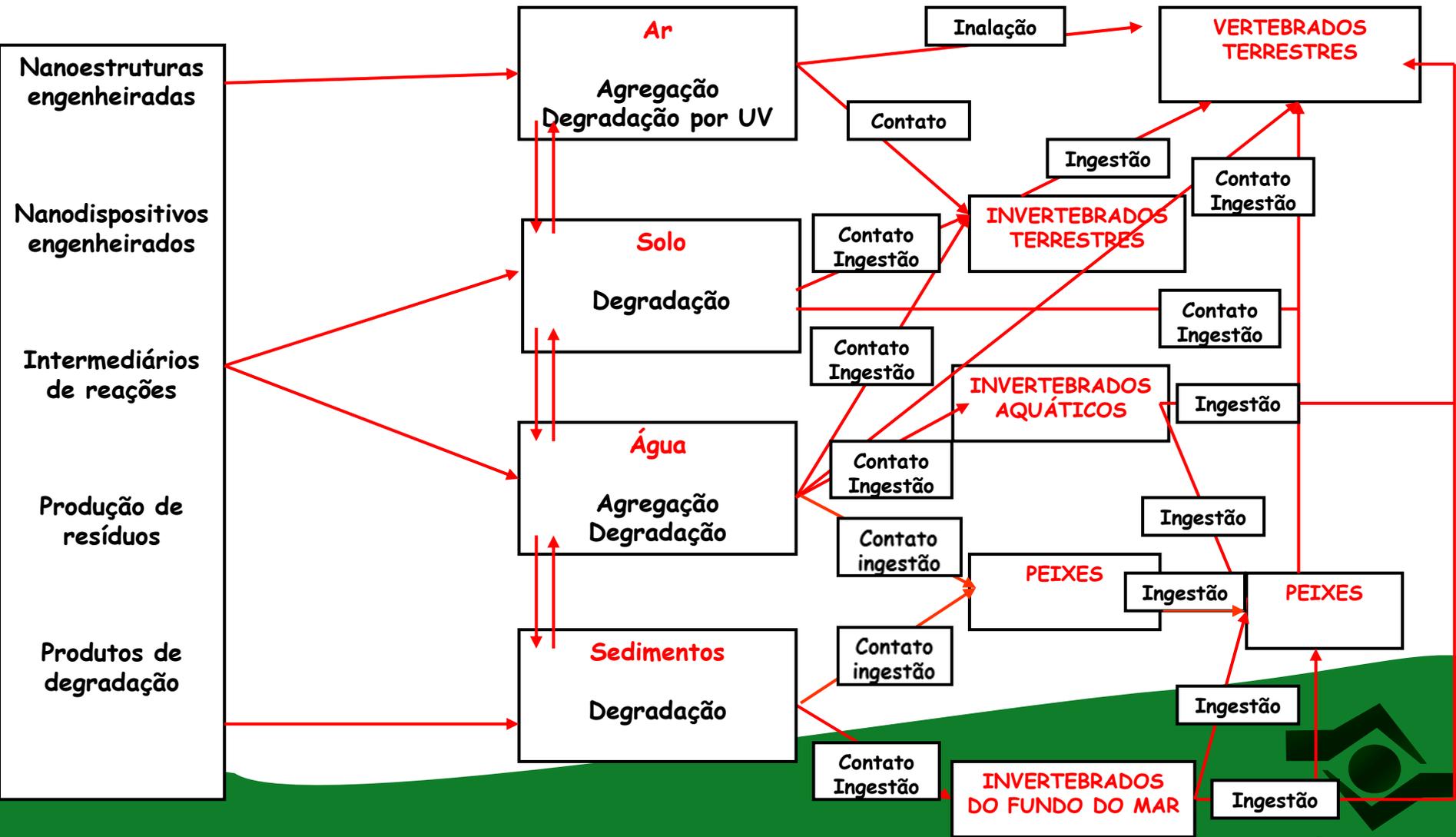
Modelo de Dispersão dos NM no Ambiente

fonte: Metcalfe et col. Livro NATO 2009

Fontes de contaminação

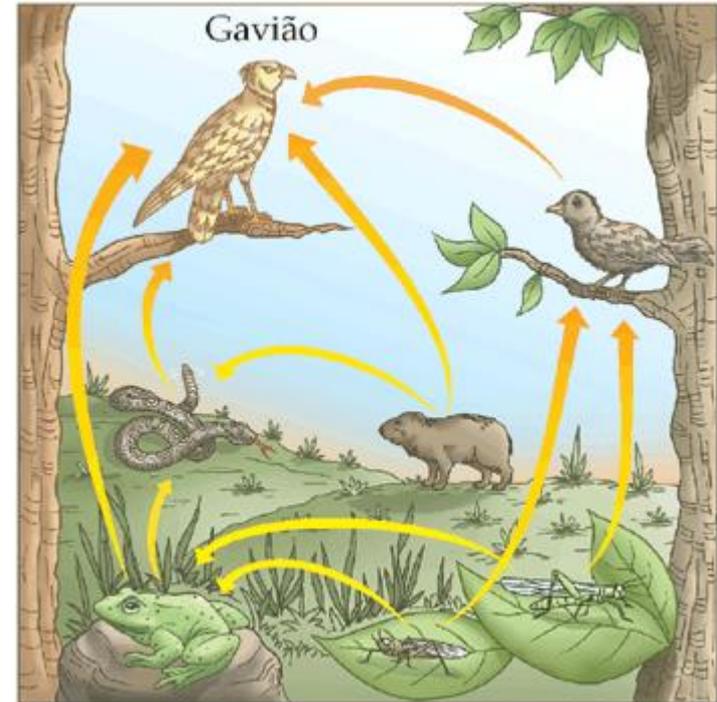
Processos e meios de transporte

Caminhos e receptores



BIOMAGNIFICAÇÃO

A Biomagnificação é o aumento na concentração de um contaminante a cada nível da cadeia alimentar. Esse fenômeno ocorre porque a fonte de alimento para organismos de um nível superior na cadeia alimentar é progressivamente mais concentrada, aumentando assim a bioacumulação no topo da cadeia alimentar.



BIOMAGNIFICAÇÃO

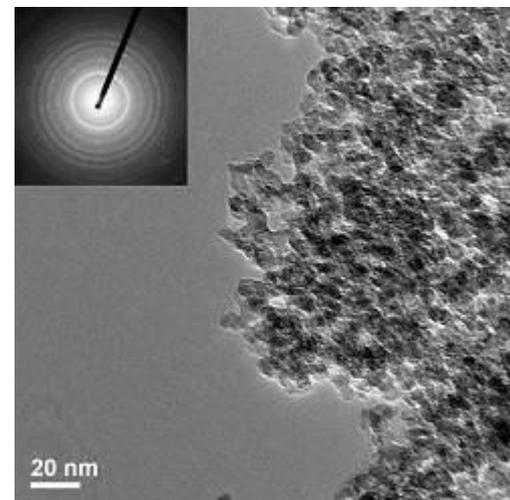
✓ Tanto os metais pesados como as dioxinas caracterizam-se por ser bioacumuláveis, querendo isto dizer que o nosso corpo acumula-os **sem os conseguir eliminar**. Desta forma, mesmo pequenas quantidades ao longo do tempo podem resultar em riscos gravíssimos para a saúde. A esta situação acresce o problema da **biomagnificação**, onde se verifica que a exposição a estes poluentes é tanto maior quanto mais se sobe na cadeia alimentar.

O SER HUMANO ESTÁ NO TOPO DESSA CADEIA.



Impactos ao Meio Ambiente

✓ O lodo dos esgotos que fica depositado nas estações de tratamento é misturado aos solos utilizados para agricultura, **são milhões de toneladas de lama fertilizando a terra agricultável.** Nele se encontram nanopartículas de prata, óxido de zinco, dióxido de titânio, entretanto os danos causados por estas substâncias ao meio ambiente ainda são inconclusivos...



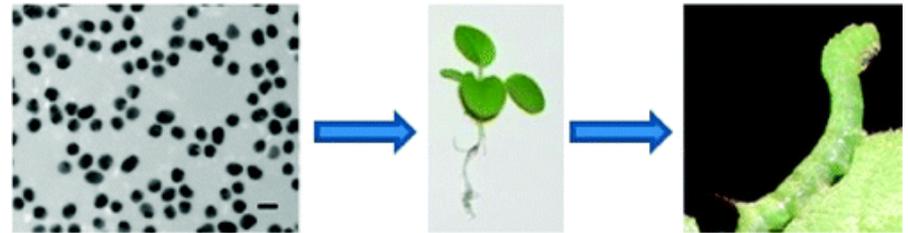
Redação do Site
Inovação Tecnológica -
03/04/2009



Impactos ao Meio Ambiente

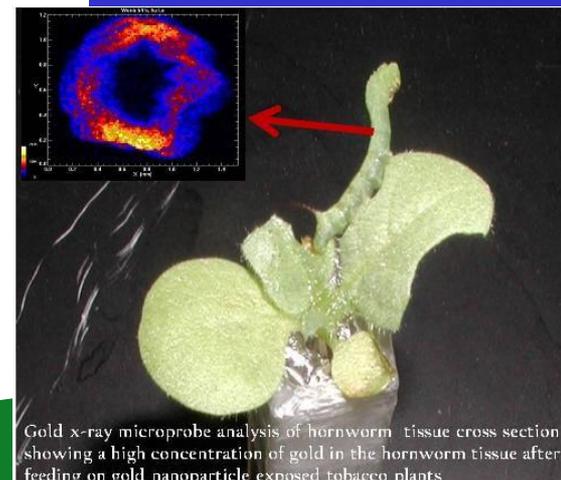
✓ Um estudo demonstra que as **nanopartículas** podem se acumular na cadeia alimentar, conhecido como **biomagnificação**.

✓ A pesquisa identificou que a concentração presente nos tecidos das folhas de tabaco era inferior à quantidade encontrada em lagartas que se alimentaram destas folhas.



<https://pubs.acs.org/cen/news/88/i51/8851news.html>

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es103031a>

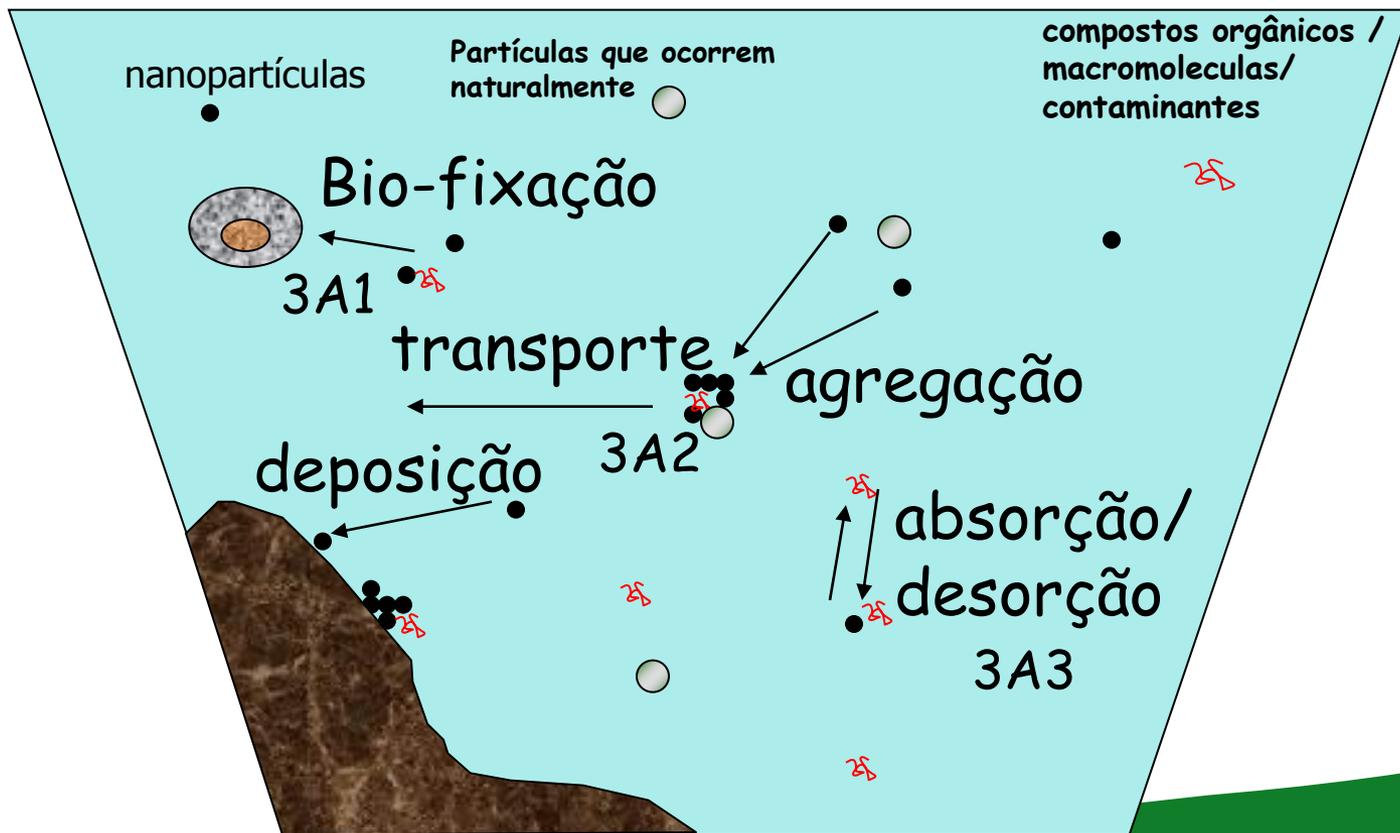


Gold x-ray microprobe analysis of hornworm tissue cross section showing a high concentration of gold in the hornworm tissue after feeding on gold nanoparticle exposed tobacco plants

http://tfis.e.uky.edu/UK_Nanoparticle_Research

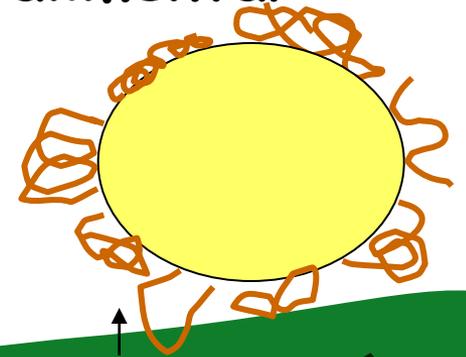


Nanopartículas no Meio Ambiente Aquoso



Uma das Consequências: Transporte Facilitado de Toxinas

- ✓ Moléculas adsorvidas irão entrar nas células se as nanopartículas entrarem
- ✓ Substâncias que normalmente são excluídas das células então poderão entrar
- ✓ Substâncias podem ser tóxicas para aquele organismos ou podem entrar na cadeias alimentar



↑
Toxin



Alguns Estudos Já Realizados

- ✓ Nanopartículas de alumínio podem provocar a redução do crescimento das raízes de milho, soja e cenoura (Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment, 2006);



Alguns Estudos Já Realizados



Paulistinha
(*Danio rerio*)

A exposição de embriões de "paulistinha" à *nanotubos de carbono* ocasionou uma **diminuição da procriação dos peixes.**

Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment, 2006
Palestra Priscila D. Marca, IQ-UNICAMP, "Seminário Impactos da nanotecnologia sobre a Saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente", 24 de outubro 2008, Campinas



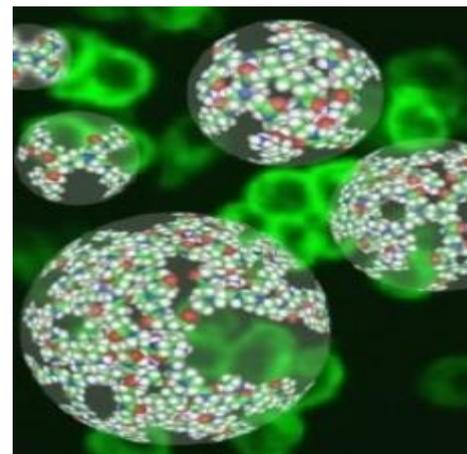
Alguns Estudos Já Realizados

- ✓ Estudo publicado em julho de 2004 descobriu que moléculas de carbono em nanoescala, ou seja, nanopartículas de carbono, podem rapidamente desencadear **danos cerebrais em peixes.**
- ✓ Em 2005, pesquisadores da Universidade de Rochester, EUA, demonstraram que coelhos ingerindo fulerenos **mostraram um aumento na suscetibilidade à coagulação do sangue.**



Alguns Estudos Já Realizados

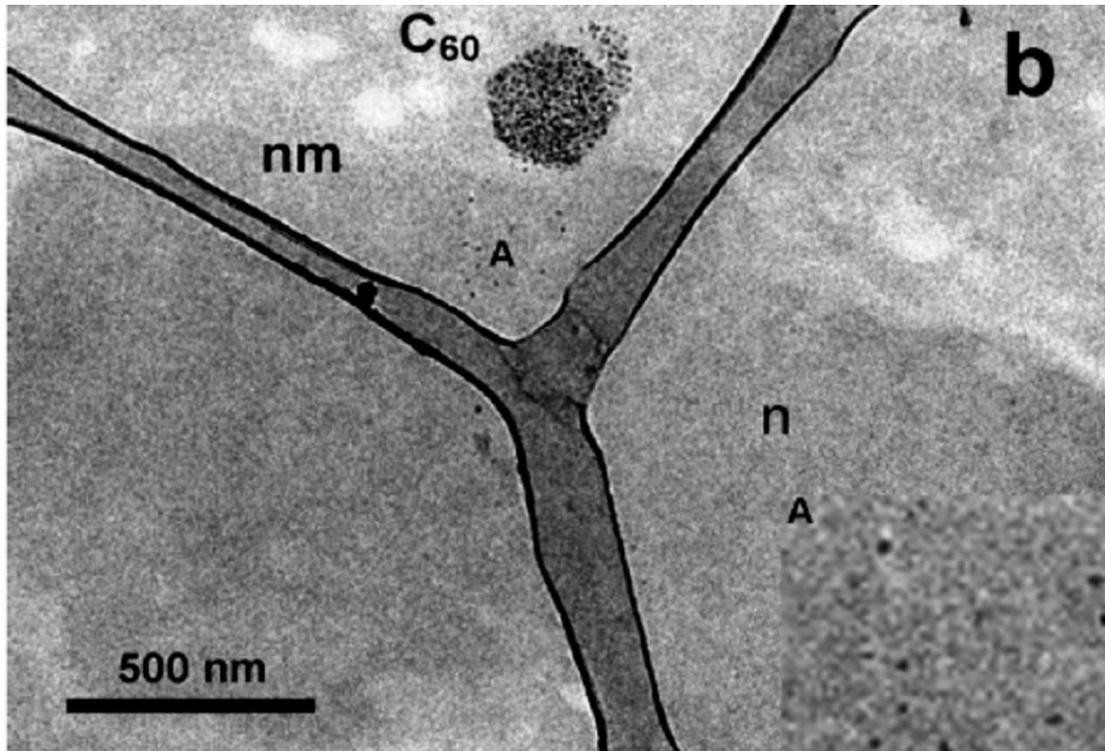
✓ A exposição continuada a nanopartículas de prata, mesmo que em pequenas concentrações, **compromete a capacidade da mitocôndria de exercer a sua função de "fábrica" de energia, podendo mesmo levar ao colapso do organito celular.** É uma das principais conclusões de um estudo realizado por investigadores de Coimbra para o US Air Force Office of Scientific



Research, através do European Office of Aerospace Research and Development (EOARD), o estudo de avaliação de toxicidade das nanopartículas de prata, utilizadas em diversas aplicações tecnológicas e militares, **demonstrou que estes nanocompostos podem destruir a membrana da mitocôndria e provocar diversos danos, nomeadamente ao nível hepático.**



Alguns Estudos Já Realizados



(a) C60 fundido com o plasma da membrana, (m) membrana plasmática. (b) A hexagonal aglomerado de C60 adjacente ao núcleo (n) do célula. A inserção mostra partículas finas distribuídos dentro do núcleo da (nm) membrana nuclear.

Imagem em microscopia eletrônica - nanopartícula de carbono dentro do núcleo da célula



Impactos ao Meio Ambiente

✓ O estudo, conduzido pela Dra. Cyndee Gruden, focou apenas um tipo de nanopartícula - **as nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂)** - que está sendo utilizado em cosméticos e outros produtos de beleza pessoal, na criação de janelas autolimpantes e em produtos bactericidas...



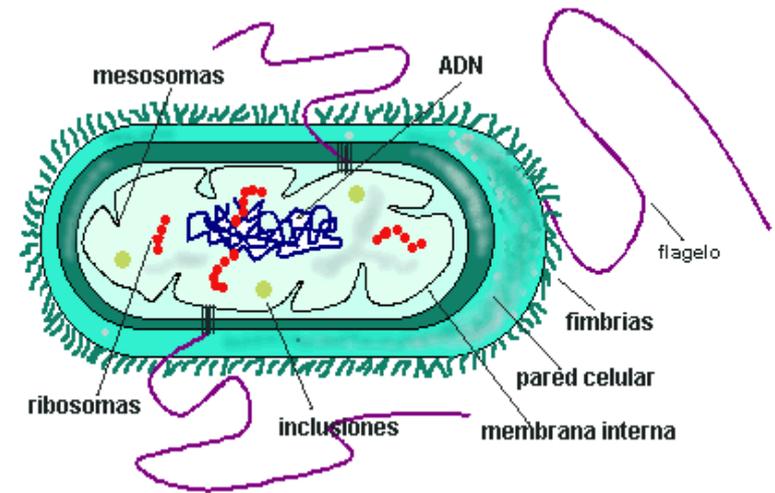
Impactos ao Meio Ambiente

✓ ...As nanopartículas de dióxido de titânio bloqueiam os raios ultravioleta da luz solar, sendo eficazes na melhoria das funções desses produtos. Mas, uma vez lavadas da pele ou do material onde estão aplicadas, elas seguem o mesmo caminho de todas as águas servidas, indo parar no meio ambiente.

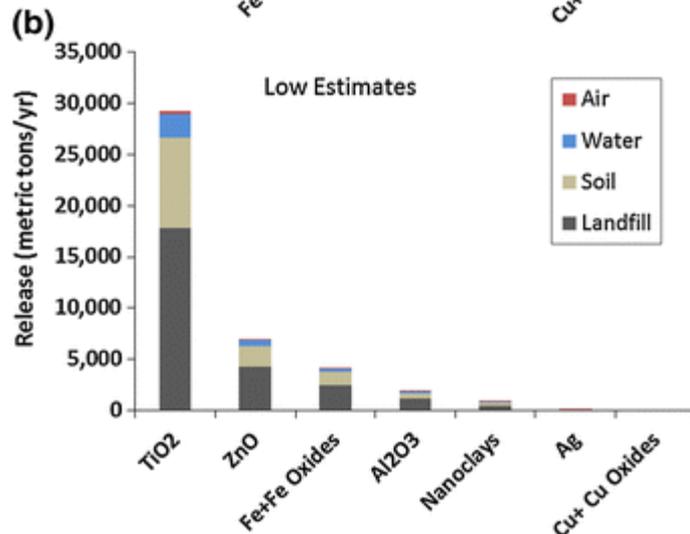
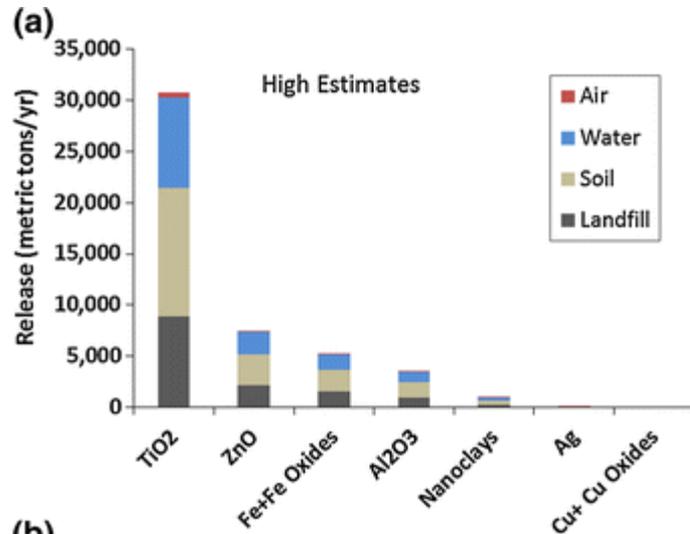


Impactos ao Meio Ambiente

✓ Usando a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) como cobaia, a Dra. Gruden descobriu grandes reduções na sobrevivência do microorganismo em amostras expostas as concentrações mínimas das nanopartículas de dióxido de titânio por períodos de menos de uma hora. A morte das bactérias deu-se por que as nanopartículas danificam a membrana externa dos microrganismos.



Estimativa de descarte no ambiente



Estimativas de liberação de nanopartículas usadas só em cosméticos

Global life cycle releases of engineered nanomaterials - 2013

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-013-1692-4>



Impactos ao Meio Ambiente

✓ Os cientistas sabem muito pouco acerca de como a liberação de **mais de 2 milhões de toneladas de nanopartículas produzidas a cada ano afetarão os organismos no meio ambiente.** Um novo estudo relata que as minhocas (*Eisenia fetida*) podem ingerir nanopartículas de ouro e acumulá-las em seus tecidos - uma descoberta com implicações significativas para as cadeias alimentares (*Environ. Sci. Technol.*, DOI: 10.1021/es101885w).



✓ Para descobrir o que estava acontecendo, a equipe de Unrine misturou às minhocas - organismos que ficam próximos ao fundo da cadeia alimentar - com solo artificial repleto de nanopartículas de ouro. **“usamos nanopartículas de ouro porque elas são estáveis, insolúveis e facilmente detectáveis,”** disse Unrine. **“Elas são boas rastreadoras.”**



Impactos ao Meio Ambiente

- ✓ **Depois de 28 dias**, os pesquisadores investigaram os tecidos das minhocas em busca de **ingestão de nanopartículas**.
- ✓ **Unrine e sua equipe encontraram nanopartículas de ouro de 20 a 55nm de diâmetro** distribuídas por todo o corpo das minhocas com as mais altas concentrações sido encontradas em seus intestinos.
- ✓ Embora as nanopartículas de ouro não afetem significativamente a mortalidade de minhocas, **as minhocas expostas se reproduziam até 90% menos**.
- ✓ As nanopartículas são tipicamente encontradas em baixas concentrações no meio ambiente, **mas elas têm um enorme potencial para causar danos à saúde humana se forem biomagnificadas na cadeia alimentar**.



Impactos ao Meio Ambiente

✓ Têxteis tratados com nanopartículas de prata têm sido usados para vários tipos de propósitos: têxteis médicos (roupa especial para os que sofrem de neurodermite, vestimentas para ambiente cirúrgico, bandagens); roupas esportivas e de lazer; roupas de trabalho para proteção; têxteis domésticos (por exemplo, cobertores, cortinas) e tecidos técnicos (filtros, panos de limpeza, etc.). Quando da produção, ou quando são esfregados durante o uso, durante a lavagem e quando são eliminados, o efeito antibactericida da prata pode afetar muitos processos no meio ambiente.

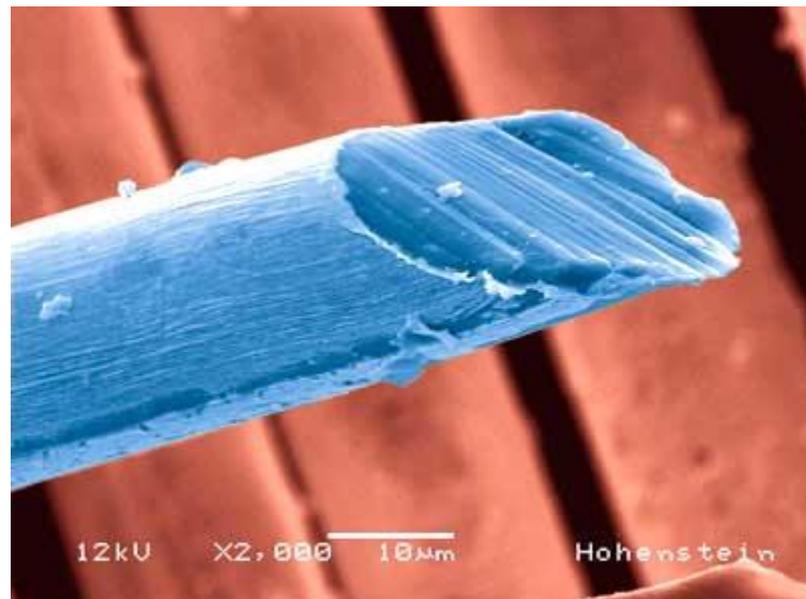


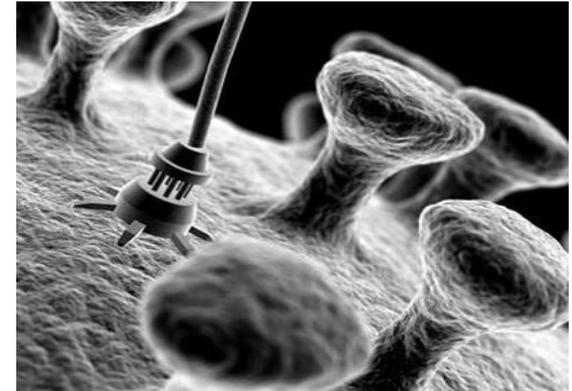
Imagem de microscopia (SEM) de uma fibra de tecido na qual foram aplicadas nanopartículas de prata para aumentar seu fator de proteção à radiação ultravioleta (UV).

Créditos: Instituto Hohenstein.



Impactos ao Meio Ambiente

PARIS (AFP) 8/FEV/2008 As **nanopartículas** se infiltram de modo inédito no corpo humano e em outros organismos vivos, obrigando profissionais e consumidores a revisarem as medidas de prevenção sanitárias, alertam especialistas.



A ultrapassagem da barreira cutânea não se produz quando a pele está sã, mas é possível em caso de insolação, por exemplo, **porém em forma nano esta barreira é ultrapassada.**

A capacidade destes novos materiais de passar dos pulmões ao sangue e depois aos outros órgãos continua sendo pouco conhecida, e ainda, ao que parece, se tenha **"em escassas doses e em longo prazo, uma alteração mascarada do DNA (patrimônio genético)"**.

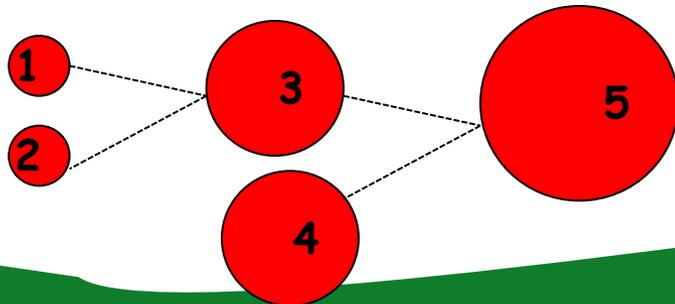


Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

A Organização Não Governamental canadense *Erosion, Technology and Concentration*, conhecida como Grupo ETC, analisa os **diversos impactos da nanotecnologia sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente**. A partir de uma perspectiva ampla, segundo os pesquisadores do ETC (2009), podemos agrupar quatro grandes problemas para a coletividade decorrentes do uso da nanotecnologia:

1. O controle tecnológico na nano escala como elemento fundamental para o controle corporativo: A nanotecnologia protegida pelos Direito de Propriedade Intelectual pode significar o avanço na privatização da ciência e uma terrível concentração de poder corporativo, pelas grandes empresas transnacionais.



Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

2. Controle social a partir convergência entre informática, biotecnologia, nanotecnologia e ciências cognitivas (BANG): conforme os estudos dessa organização não governamental "trata-se de uma cruzada tecnológica para controlar toda a matéria, vida e conhecimento."

Os neurônios podem ser reengenheirados de tal forma que nossas mentes "falem" diretamente a computadores ou membros artificiais; **vírus podem ser engenheirados** para atuarem como máquinas ou, potencialmente, como armas; redes de computadores podem ser fundidas com redes biológicas para desenvolver inteligência artificial ou sistemas de vigilância (TRANSHUMANISMO OU SINGULARIDADE)

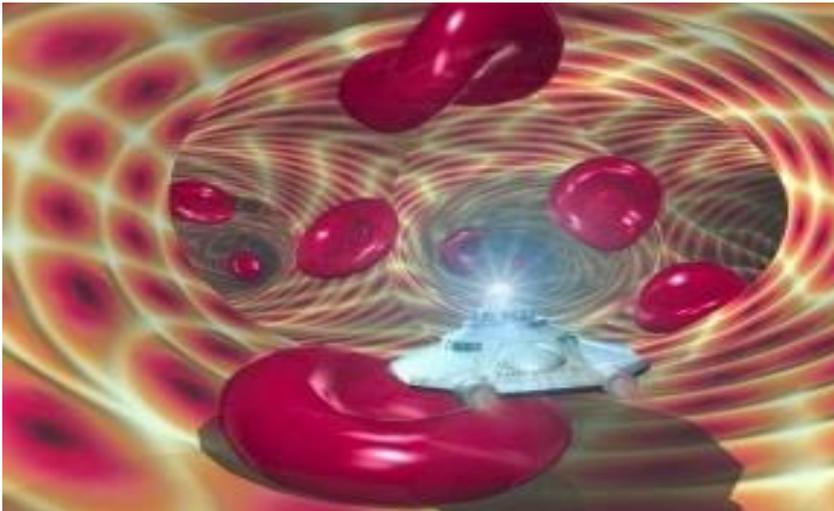
(ETC, 2005, p. 24)



Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

3. Riscos Ambientais e Riscos para a Saúde Humana: a nanobiotecnologia pode criar **fusão entre a matéria viva e a não viva**, resultando em organismos híbridos e produtos que não são fáceis de controlar e se comportam de maneiras não previsíveis. Devido ao tamanho reduzido fica difícil determinar o grau de dispersão das nanoestruturas no meio ambiente.



Nanorobôs



NANOBIOTECNOLOGIA

NANOBIOTECNOLOGIA É A APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NAS CIÊNCIAS DA VIDA.

A nanobiotecnologia tem levado à produção de **novos materiais** e, como é bastante recente, os riscos para a saúde humana e ambiente ainda não estão suficientemente avaliados. Pertencendo a uma escala nanométrica, as partículas podem atravessar poros e se acumular em determinadas células. Não se tem idéia dos efeitos de uma longa permanência de partículas magnéticas dentro do organismo.



RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

4. A incerteza científica acerca das nanopartículas e o vácuo na regulamentação: Dados toxicológicos sobre nanopartículas manufaturadas são escassos, mesmo existindo produtos comerciais no mercado (insumos agrícolas, cosméticos, filtros solares). Os critérios utilizados para saber a toxicidade das substâncias na escala macro não trazem certezas quando confrontados com a nanotecnologia. Não existem metodologias confiáveis para estabelecer diferença entre as propriedades encontradas na "Macroescala" e na "Nanoescala".

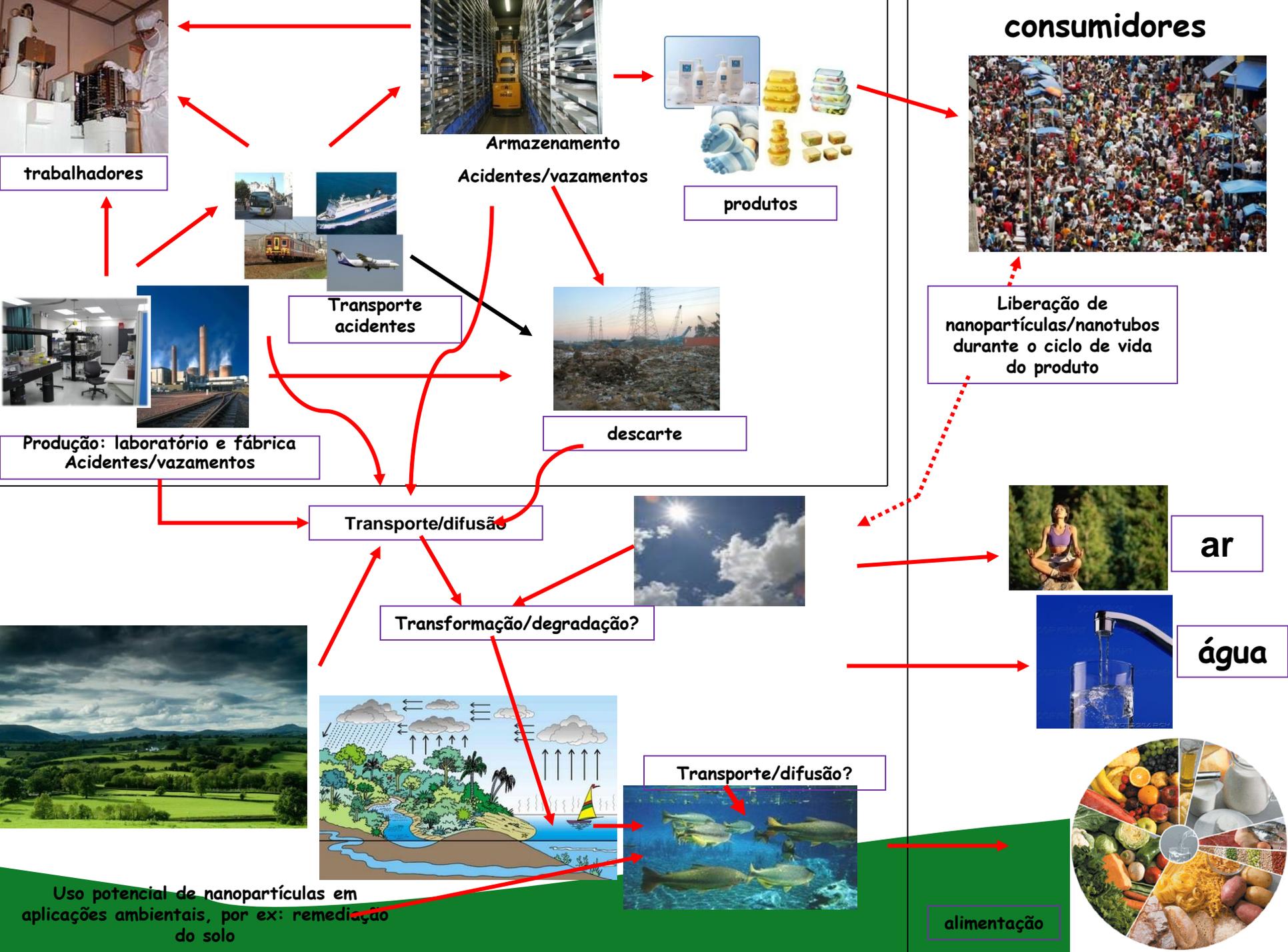


RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

É importante evidenciar que no Brasil inexistem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova **revolução tecnológica**. As normas jurídicas que podem ser utilizadas para, por exemplo, autorizar a comercialização de um determinado produto nanotecnológico para a agricultura não diferem das normas e critérios técnicos para os demais produtos, pois não existe uma diferenciação pelo Direito entre o tratamento legal da nanotecnologia e de outras tecnologias.





Resíduo final

Há dúvidas ainda de como seria a melhor forma de tratamento do resíduo final

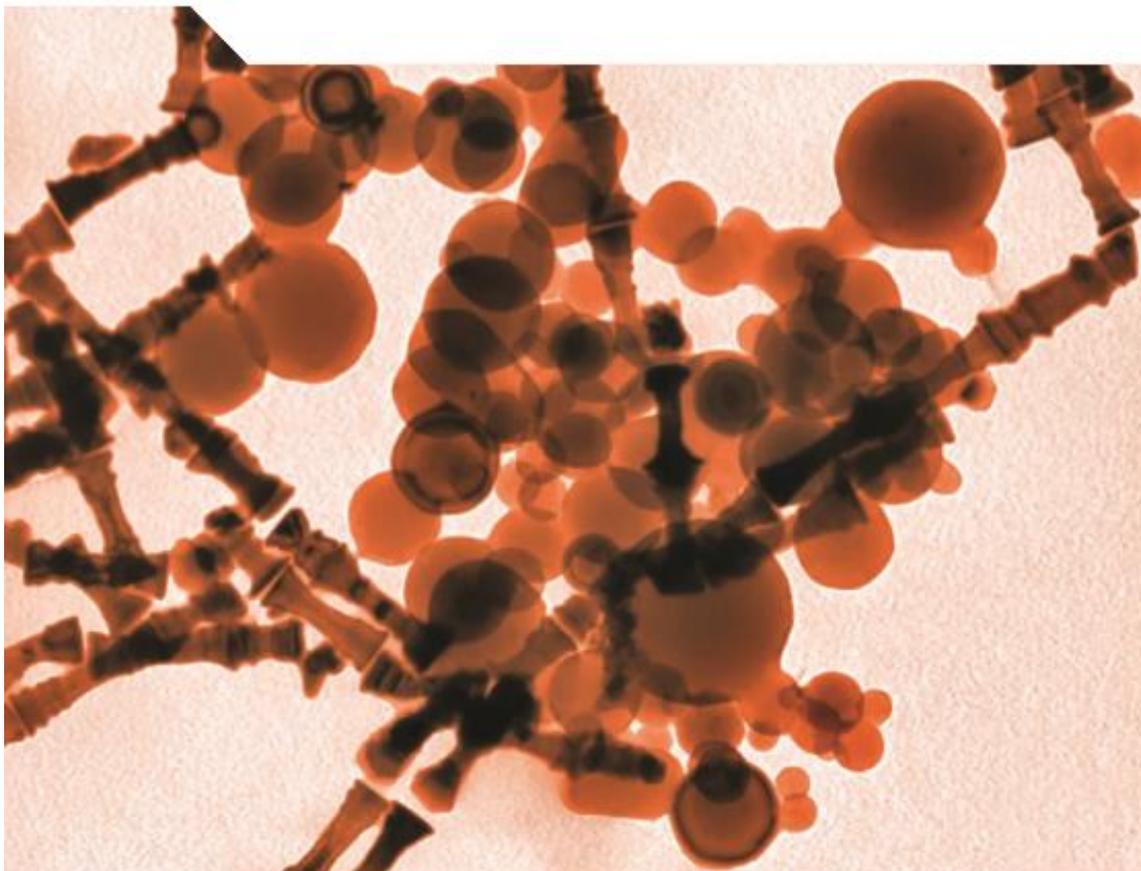
O documento recente da OECD de 2016 traz informações sobre propostas e problemas no tratamento de resíduos contendo nanomateriais





Nanomaterials in Waste Streams

CURRENT KNOWLEDGE ON RISKS AND IMPACTS



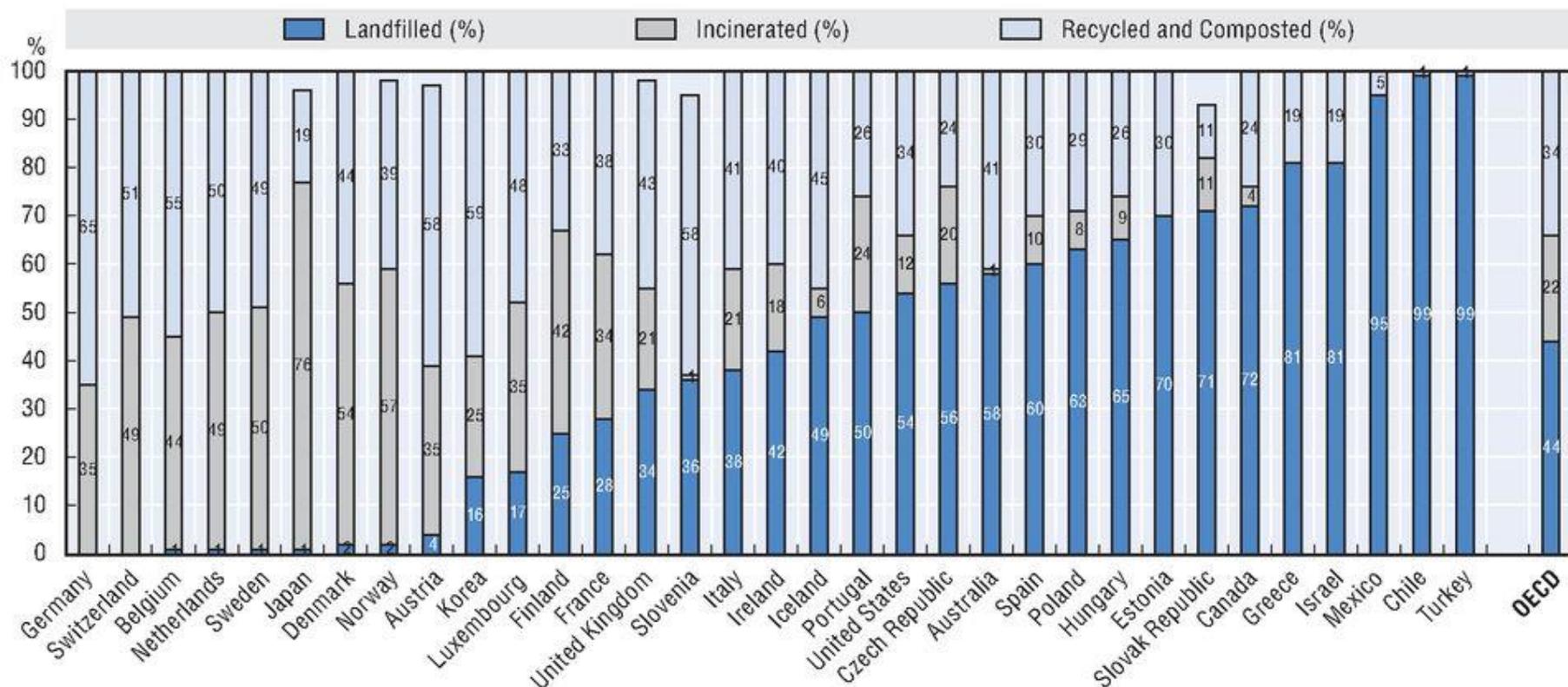


A presença de nanomateriais em forma seca ou em pó e na compostagem do lodo de águas residuais que é muitas vezes disseminada em terras agrícolas como fertilizante, representa uma preocupação particular. Na França, a metade nacional do lodo de águas residuais é utilizada para a fertilização agrícola. A transformação potencial de nanomateriais artificiais no solo, suas interações com plantas e bactérias e sua transferência para as águas superficiais nunca foi estudada em profundidade. (OECD. *Observer*, abril de 2016).

http://oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/5614/Nano_bodies.html

Disposal routes of municipal solid waste

Figure 3.A1.1. Disposal routes of municipal solid waste in the OECD in 2013



Notes: The data is as of 2013 or the most recent data available for each country since 2009. No data was available for New Zealand. The sum of the categories presented here might not add up to 100% because other recovery and other disposal treatments are not presented. Source: OECD (2016), "Municipal waste", OECD Environment Statistics (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00601-en> (Accessed on 19 January 2016).

OBRIGADA!

<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/inicio>

