

Avaliação atualizada dos produtos manufaturados com nanotecnologia e seus potenciais riscos de exposição e efeitos aos humanos e ao meio ambiente

RESUMO

Nanomateriais apresentam propriedades diferenciadas (e.x. óptica, elétrica, magnética, mecânica e térmica) das suas contrapartes micro e macroscópica e têm sido incorporados em uma variedade de produtos. Conseqüentemente, tem sido observado nos últimos anos um aumento crescente da comercialização de nanoprodutos, porém, sob condições incertas dos riscos aos humanos e dos efeitos ao meio ambiente. Com o objetivo de mostrar transparência e disseminar informações para os consumidores, alguns inventários internacionais foram criados, mantendo um banco de dados sobre nanoprodutos comercializados. Entretanto, nem todos os inventários estão atualizados ou contém informações claras para os consumidores. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho, consistiu em revisar o inventário europeu *The Nanodatabase*, por ser o mais completo e atualizado banco de dados sobre produtos manufaturados com nanotecnologia. Este inventário contém informações sobre nome dos produtos, nanomaterial usado, localização no nanomaterial no produto, origem dos produtos e uma avaliação de segurança de cada produto. O presente estudo apresenta informações relevantes e atualizadas sobre os nanoprodutos comercializados acessível a uma ampla audiência.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia. Nanoprodutos. Sociedade. Meio ambiente.

Elias Barros Santos
santos.barros@unifesp.br
Doutor em Ciências e professor da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Campus de São José do Campos - SP.

Letícia Cuesta Matos
leticia.cuesta@unifesp.br
Graduanda em Ciência e Tecnologia na UNIFESP.

INTRODUÇÃO

Nanomateriais podem ser definidos como sendo materiais que apresentam ao menos uma dimensão na escala nanométrica, 1 a 100 nm (JEEVANANDAM et al., 2018). Esses materiais apresentam propriedades diferenciadas, tais como óptica, elétrica, magnética, térmica e mecânica, quando comparados as suas contrapartes maiores (JEEVANANDAM et al., 2018). A exploração dessas novas propriedades dos materiais, aliada aos avanços no campo da nanociência e nanotecnologia, principalmente relacionadas aos métodos de síntese e das técnicas de caracterização, tem possibilitado o desenvolvimento de uma variedade de produtos manufaturados contendo nanomateriais incorporados, chamados de nanoprodutos (ASMATULU et al., 2012). Nos últimos dez anos têm sido registrado um aumento expressivo da comercialização de produtos contendo nanomateriais, sendo observada uma tendência de crescimento para o futuro devido aos grandes investimentos em nanotecnologia (ASMATULU et al., 2012; RESEARCHANDMARKETS, 2020). Dentre os nanoprodutos comercializados, principalmente no mercado internacional, podemos citar roupas esportivas, cosméticos, equipamentos eletrônicos, bebidas, suplementos alimentares, produtos automotivos, produtos de higiene pessoal, etc (NANODB.DK, 2020). Isso mostra que a área de nanotecnologia tem conseguido migrar da pesquisa de laboratório, passando para oferta de produtos no mercado físico e/ou em websites, chegando até o consumidor final.

Com o aumento crescente da oferta de nanoprodutos, vários autores têm relatado preocupação e levantado questões pendentes relacionadas ao desenvolvimento desses produtos, como por exemplo, informações sobre potenciais efeitos ao meio ambiente e a saúde humana, além da necessidade de uma regulamentação específica (JOSKO et al., 2017; SNIR e RAVID, 2016). Essas questões são extremamente relevantes, uma vez que durante o uso dos nanoprodutos, nanomateriais podem ser liberados e dispersados no meio ambiente (JOSKO et al., 2017). Por exemplo, vários autores têm relatado potenciais riscos toxicológicos dos nanotubos de carbono, nanopartículas de ZnO e de prata a microrganismos aquáticos e plantas (YI et al., 2019; DURAN et al., 2019). Entretanto, a toxicidade ambiental pode variar drasticamente dependendo das propriedades físico-químicas dos nanomateriais, tais como dissolução, agregação das partículas e geração de espécies reativas de oxigênio, dificultando obter respostas precisas (WU et al., 2020). No que diz respeito à questão regulatória, a maioria dos países que comercializam nanoprodutos, inclusive o Brasil, ainda não contam com um quadro regulamentar para nanotecnologia (NOLASCO e SANTOS, 2017; ANTUNES e BACKX, 2020). Esse quadro de discussões e incertezas sobre o uso dos nanoprodutos é o panorama atual da área de nanotecnologia, e tem sido o assunto principal em vários fóruns e congressos internacionais (NANOTOX, 2018; NANOREG, 2020). Entretanto, esta discussão geralmente é restrita a um público específico e pouca informação está disponível aos consumidores, inclusive nos próprios rótulos e etiquetas dos nanoprodutos comercializados (NANODB.DK, 2020; JOUBERT et al., 2020).

Atualmente, o melhor banco de informações sobre os nanoproductos comercializados são os vários inventários internacionais, sendo alguns acessíveis ao público. O primeiro inventário foi implementado nos Estados Unidos em 2005, denominado de *Nanotechnology Consumer Product Inventory*, listando 54 produtos na época (VANCE et al., 2015). Em seguida surgiram outros inventários sobre nanoproductos em diferentes países, como por exemplo, o *The Nanoproduktdatenbank* na Alemanha em 2006, o do Instituto Japonês de Tecnologia e Ciência Industrial em 2007 e o *The Nanodatabase* na Dinamarca em 2012 (HANSEN et al., 2016). Entretanto, alguns inventários estão desatualizados, contém no seu banco de dados alguns produtos que não estão mais disponíveis comercialmente ou as informações não estão disponíveis para um público mais amplo. Dentre os inventários citados, destacamos o *The Nanodatabase* por ser o mais completo em informações e o mais atualizado, contendo 5000 nanoproductos cadastrados na data da escrita deste artigo, 28/12/2020 (NANODB.DK, 2020).

Além disso, esse é o único inventário com informações sobre segurança e possíveis riscos ao meio ambiente e a saúde humana dos nanoproductos. Essas informações são mais recentes no inventário e têm sido obtidas avaliando os nanoproductos cadastrados desde 2012 e também durante o cadastro dos novos produtos. Com isso, é gerada uma etiqueta para cada nanoproducto com as indicações de possíveis riscos de exposição e efeitos adversos (HANSEN et al., 2016). O inventário *The Nanodatabase* foi desenvolvido pelo *DTU Environment* (Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Técnica da Dinamarca), em parceria com os conselhos *Danish Ecological Council* e o *Danish Consumer Council*. O objetivo dos idealizadores do inventário foi catalogar de forma transparente e acessível ao público todos os nanoproductos que são atualmente comercializados no mercado europeu.

Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar de forma objetiva e atualizada as informações sobre os nanoproductos registrados no inventário *The Nanodatabase*. Os produtos serão apresentados de acordo com a categoria, tipo de nanomaterial presente, país de origem e será explicado como ler a etiqueta de classificação de risco. Consideramos que essas informações sejam relevantes para um público bem amplo; para pesquisadores que estão trabalhando no desenvolvimento de nanoproductos, para as empresas que desejam investir na área de nanotecnologia, para professores e estudantes universitários e do ensino básico que desejam conhecer mais sobre o status atual da área. Além disso, as informações também são relevantes e acessíveis para um público geral, os atuais e futuros consumidores dos nanoproductos, uma vez que estão apresentadas de forma simples e em língua portuguesa.

METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento dos nanoproductos cadastrados no inventário *The Nanodatabase*, visitando o site <https://nanodb.dk/> durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2020. Os dados obtidos foram transcritos em uma tabela e distribuídos em categorias de acordo com a organização do site do

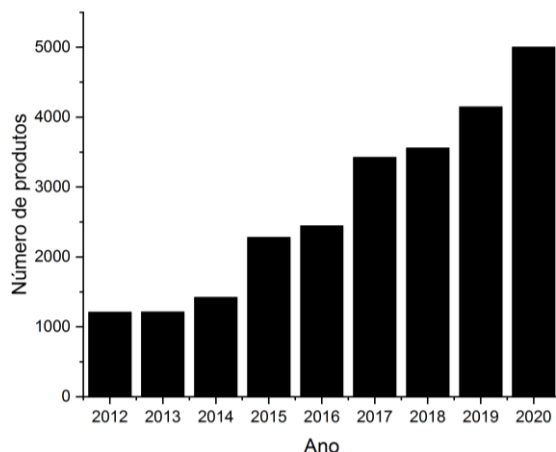
inventário. Em seguida, foram construídos gráficos e uma tabela com as informações mais relevantes para apresentação dos nanoproductos. As informações foram organizadas com base no número total de produtos cadastrado, na categoria de classificação, país de origem, tipo de nanomaterial incorporado no produto, localização do nanomaterial no produto e distribuição de acordo com as vias de exposição para o consumidor. Para finalizar, também é apresentado o modelo da etiqueta usado pelo inventário para classificar os produtos quanto ao potencial risco de exposição e efeitos adversos aos humanos e ao meio ambiente.

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

O número de produtos no inventário *The Nanodatabase* tem aumentado constantemente desde a sua criação em 2012, com 1212 nanoproductos cadastrados (Figura 1). O número se manteve constante em 2013, mas a partir de 2014 é observado um aumento crescente anual, com um total de 5000 produtos cadastrados até a data de 28/12/2020. Atualmente, o inventário tem sido atualizado periodicamente variando entre 10 e 25 produtos catalogados por semana (NANODB.DK, 2020). O aumento de nanoproductos cadastrados tem como fator principal o surgimento de novos produtos manufaturados com nanomateriais, mostrando o dinamismo da área. Um fato, que também pode ser notado ao acompanhar o inventário, é que um determinado produto pode ser retirado do cadastro a qualquer momento. Isso ocorre quando o produto deixa de ser comercializado e/ou perde a classificação como nanoproducto (HANSEN et al., 2016).

A mudança de classificação pode acontecer devido à falta de uma certificação padrão para rotulagem como nanoproducto. Alguns produtos comercializados com o rótulo “nano” contém pouca informação sobre a formulação química e/ou a ausência do nanomaterial incorporado, mesmo assim pode acontecer de serem cadastrados. Entretanto, quando passam por uma análise química mais criteriosa e não é detectada a presença de nanomaterial na formulação, o produto deixa de ser classificado como tal. Esse processo de retirada de nanoproductos do cadastro e constante atualização do inventário pode gerar certa inconstância no quantitativo dos produtos, o que pode confundir um pouco o visitante do site.

Figura 1. Número de nanoproductos cadastrados no *The Nanodatabase* desde a sua criação em 2012 até 28/12/2020.

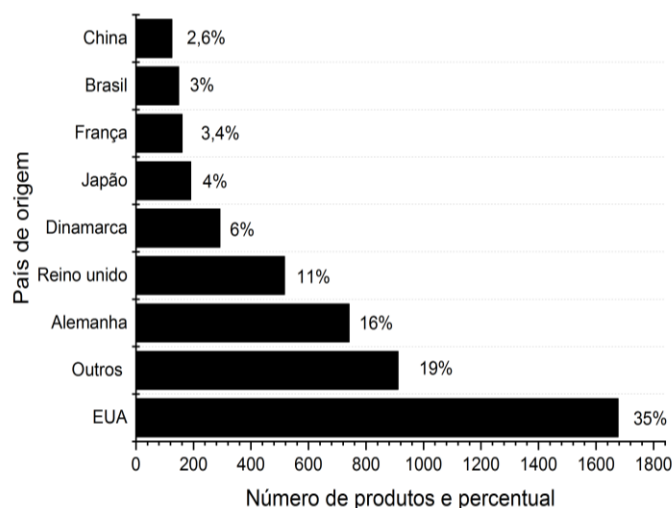


Fonte: Autoria Própria

A respeito da produção e origem dos nanoproductos, no inventário *The Nanodatabase* são apresentadas duas classificações de países, pois nem sempre o país de origem é o mesmo produtor (NANODB.DK, 2020). A diferença não é muito significativa entre as duas classes. Porém, como o objetivo do artigo é apresentar um panorama mais geral sobre os nanoproductos comercializados na Europa, decidimos apresentar as informações referentes à categoria de origem dos produtos, como mostrado na Figura 2. Apesar de o inventário ser europeu, a maioria dos nanoproductos tem origem nos Estados Unidos, país que domina o mercado com cerca de 35% dos produtos comercializados. A Alemanha vem em segundo lugar com 16%, seguido do Reino Unido e Dinamarca com 11 e 6%, respectivamente.

É possível observar na Figura 2, que uma grande parte dos produtos tem origem em diversos países, contribuindo com 19% do total, mostrando que a comercialização dos nanoproductos tem diversas origens. Um total de 148 nanoproductos estão registrados com origem brasileira, contabilizando 3%, sendo uma boa parcela produzidos por pequenas empresas. Um dado que chamou atenção foi o pequeno registro de produtos de origem chinesa, apenas 125 nanoproductos cadastrados. Esse dado mostra que, apesar da China ser um país de grande desenvolvimento tecnológico, poucos nanoproducto chineses tem sido comercializado no mercado europeu. A diferença entre o número de produtos distribuídos por país de origem (total de 4759) e o valor total no inventário (5000), está relacionada à constante revisão e atualização do inventário como foi mencionado acima.

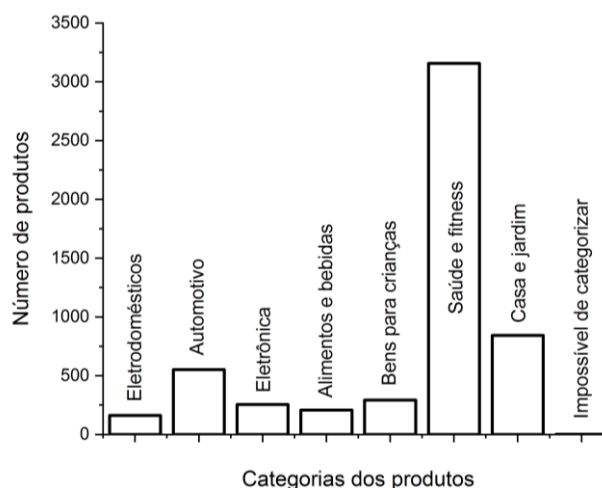
Figura 2. Distribuição e número de nanoproductos no *The Nanodatabase* por país de origem, no total de 4759.



Fonte: Autoria Própria

Uma informação bastante relevante ao explorar o inventário foi obtida quando se avaliou as categorias dos nanoproductos de acordo com o tipo de aplicação, como mostrado na Figura 3. Observa-se que a grande maioria dos nanoproductos está na categoria de “Saúde e Fitness”, no total de 3076 cadastrados. Também é encontrada uma diversidade de produtos manufaturados com nanomateriais para aplicações como utensílios domésticos e jardim, seguido da categoria automotivo. Além disso, foi possível encontrar no inventário dois produtos classificados como “Impossível de categorizar” devido as suas particularidades.

Figura 3. Número de nanoproductos distribuídos por categorias de acordo com a sua classificação no inventário.



Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 1 estão mostrados os tipos de nanomateriais identificados nos nanoproductos. Ao inspecionar o inventário o que mais chamou a atenção foi encontrar um grande número de produtos, total de 3542, cadastrados como desconhecido. Isso acontece devido à falta de informação contida nos rótulos dos nanoproductos. Apesar de muitos fabricantes rotularem os produtos como “nano” ou “contendo nanotecnologia”, em vários está ausente a especificação do nanomaterial incorporado ou a fórmula química exata. Por exemplo, tem um produto automotivo cadastrado com o nome “*Nano Fast Dry Finish*”; porém, não há especificação do nanomaterial incorporado (NANODB.DK, 2020). Outro produto cadastrado na categoria de alimentos e bebidas apresenta o nome no rótulo “*Ruthenium Crystalline Nano*”; porém, não há mais informações se o que contém são nanocristais de rutênio ou de outro composto desse elemento químico (NANODB.DK, 2020).

Para alguns produtos, é possível tentar prever o nanomaterial incorporado por apresentarem os nomes das espécies químicas nas embalagens. Entretanto, este não é o procedimento mais correto diante da variedade de nanomateriais, indicando a necessidade de uma legislação padrão para este tipo de produto e maior clareza de informações nas embalagens dos nanomateriais identificados. Ao analisar a Tabela 1, observa-se que a prata apareceu em 517 produtos, seguido de titânio, dióxido de titânio, carbono e nanotubos de carbono.

Tabela 1. Número de nanoproductos pelos tipos de nanomateriais utilizados, incluindo os produtos com o nanomaterial desconhecido.

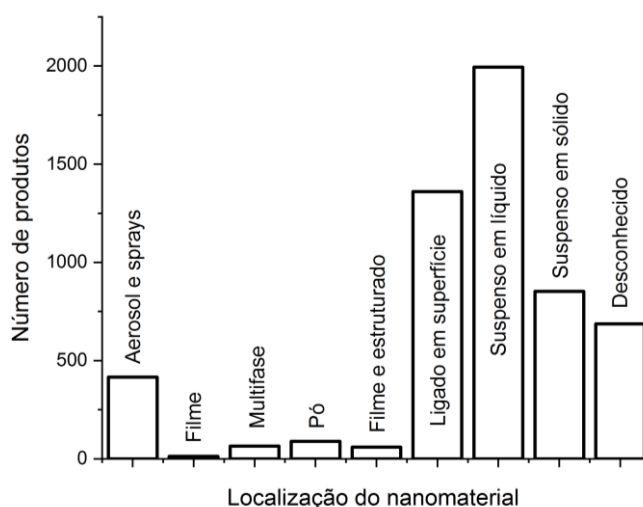
Nanomaterial	Quantidade	Nanomaterial	Quantidade
Desconhecido	3542	Cobre	13
Prata	517	Aço	12
Titânio	190	Politetrafluoretileno	11
Dióxido de titânio	145	Platina	10
Carbono	110	Cálcio	10
Nanotubos de carbono	90	Alumínio	8
Ouro	72	Hidroxiapatita	8
Dióxido de silício	58	Magnésio	4
Fosfato	47	Ferro	3
Carvão de bambu	43	Paládio	2
Grafite	34	Peróxido de cálcio	3
Silício	31	Lítio	2
Nanodiamante	31	Irídio	2
Bisorctrizol	27	Cromo	1
Óxido de zinco	25	Níquel	1
Zinco	18	Óxido de cério	1
Carbono negro	18	Nano zeólita	1
Silicone	17	Siloxano	1
Fulerenos	15	Tetrametilbutilfenol	1

Fonte: Autoria Própria

Comparando com o número de elementos químicos presentes na tabela periódica atual, que é superior a uma centena, observa-se que a área de nanotecnologia aplicada ainda explora poucos elementos químicos. Esta observação corrobora com o trabalho de Goodilin e colaboradores, (GOODILIN et al., 2019) que fizeram uma associação das nanotecnologias existentes com os elementos químicos da tabela periódica. Os autores identificaram que boa parte dos elementos químicos ainda são pouco explorados e outros nunca foram investigados, caracterizando como um campo de pesquisa em aberto e com muitas perspectivas para o desenvolvimento de novas nanotecnologias. No presente trabalho, foi identificado um menor número de elementos químicos associados aos nanoprodutos, quando comparado à referência citada, devido à restrição aos produtos do inventário. Vale ainda ressaltar o papel do elemento químico carbono, que devido a sua alotropia pode se apresentar de diversas formas, gerando diferentes nanomateriais com propriedades variadas, tais como nanotubos de carbono, fulereno, nanodiamante, grafite, grafeno e carvão amorfo.

A próxima categoria, apresentada na Figura 4, é referente à forma de uso e/ou incorporação dos nanomateriais nos produtos de acordo com as informações dos fabricantes e características dos nanoprodutos. A maioria dos produtos são suspensões coloidais, nas quais entende-se que os materiais nanoparticulados estão dispersos em solventes. Existem vários produtos sólidos nos quais os nanomateriais estão ligados e/ou aplicados em superfícies, além de nanomateriais impregnados em matrizes poliméricas, vítreas, metálicas, etc. Existem também diversos produtos na forma de aerossol aplicados usando embalagens do tipo spray. Existe ainda um número significativo de nanoprodutos, total de 684, classificados como “Desconhecido”, nos quais é desconhecida a localização do nanomaterial incorporado.

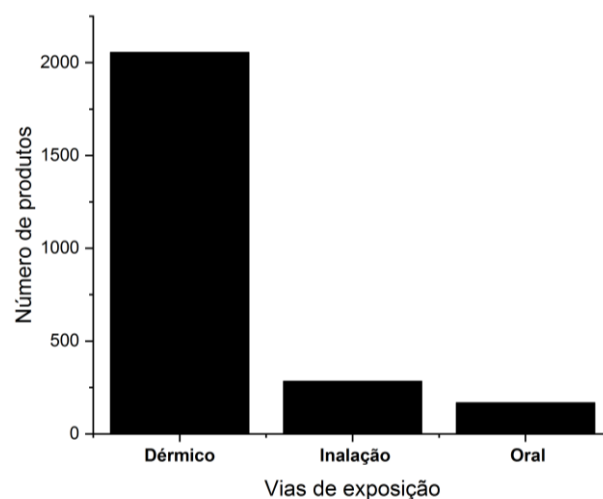
Figura 4. Número de nanoprodutos pela localização do nanomaterial.



Fonte: Autoria Própria

Para os nanoproductos reportados no inventário, a partir da identificação dos nanomateriais presentes e as formas de uso dos produtos, as principais vias de exposição para os consumidores são dérmica, inalação ou via oral. Como mostrado na Figura 5, a via dérmica é a principal, com mais de 2000 (dois mil) produtos cadastrados com este potencial. Isso é justificado devido a característica de uso da maioria dos produtos. Existe uma grande variedade de cosméticos, como por exemplo, cremes faciais, protetor solar e loções corporais, além de roupas esportivas, meias, raquetes de tênis, travesseiros, toalhas, etc (NANODB.DK, 2020). Neste tipo de exposição, o nanomaterial mais encontrado nos produtos são prata, dióxido de titânio e carvão de bambu. A prata nanométrica tem sido muito utilizada em diversos nanoproductos devido as suas propriedades antibacterianas (PULIT-PROCIAK e BANACH, 2016). Enquanto o dióxido de titânio é encontrado majoritariamente na forma de nanopartículas em protetor solar devido ao seu potencial em absorver radiação na região do Ultravioleta (DRENO et al., 2019). O número de nanoproductos nas demais vias de exposição são bem menos expressivos.

Figura 5. Número de nanoproductos por suas respectivas vias de exposição.



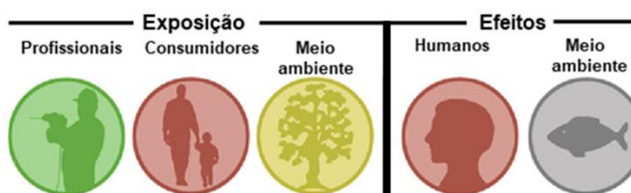
Fonte: Autoria Própria

No inventário *The Nanodatabase*, cada produto tem sido assinalado com uma etiqueta de cinco símbolos e um código de cores, igual à apresentada na Figura 6. Essa avaliação e classificação dos nanoproductos foi realizada pelos idealizadores do inventário utilizando uma ferramenta chamada *NanoRiskCat*, cuja metodologia foi descrita por Hansen e publicada (HANSEN, 2017). Os três primeiros símbolos, da esquerda para direita, são referentes aos potenciais riscos de exposição aos profissionais que trabalham na manufatura do produto, aos consumidores e ao meio ambiente, respectivamente. Os outros dois símbolos são referentes a potenciais efeitos danosos aos seres humanos e ao meio ambiente.

As cores significam indicações de risco de exposição ou efeitos adversos, podendo ser alto (vermelho), médio (amarelo), baixo (verde) ou desconhecido (cinza) (NANODB.DK, 2020; HANSEN, 2017). Por exemplo, a etiqueta da Figura 6 é

referente a um nanoproduto que apresenta baixo risco de exposição aos profissionais (verde), alto risco de exposição aos consumidores (vermelho), risco intermediário de exposição ao meio ambiente (amarelo), alto potencial de efeitos danosos ao ser humano (vermelho) e efeito desconhecido ao meio ambiente (cinza).

Figura 6. Exemplo representativo de uma etiqueta de um nanoproduto com as indicações de possíveis riscos de exposição e efeitos adversos. Significado das cores e risco: vermelho (alto), amarelo (médio), verde (baixo) e cinza (desconhecido).



Fonte: Adaptada da referência HANSEN,2017.

Vale ressaltar que a identificação da cor cinza para um símbolo, significa exposição ou efeito desconhecido para aquela classe, indicando que o nanoproduto não foi testado. Apesar dessa aparente inconsistência, o produtor possui algum tipo de certificação para comercializar tal produto. Na grande maioria das vezes, isso é justificado pelo simples fato dos nanomateriais serem incorporados como aditivos em baixas concentrações na formulação do produto, podendo ser considerado não danoso. Entretanto, o risco toxicológico é sempre associado ao uso prolongado em contato com o produto, o que ainda é desconhecido para a maioria dos nanoprodutos. É neste sentido, que vários autores e entidades têm questionado a comercialização de alguns nanoprodutos, mesmo sem a realização dos devidos testes de exposição e risco, além de apontarem a necessidade de uma legislação específica para a nanotecnologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, o inventário *The Nanodatabase* fornece uma visão geral de quais tipos de nanoprodutos estão disponíveis no mercado Europeu, os quais também são os mesmos tipos de produtos comercializados em outros países. O inventário também possui informações sobre a origem dos produtos, tipos de nanomateriais presentes, forma de uso e etiqueta com classificação de possíveis riscos de exposição e efeitos adversos. Apesar de ser o inventário mais estruturado e atual da categoria, foi possível verificar que muitos produtos carecem de informações mais detalhadas. Porém, essa ausência de informações ocorre, principalmente, devido à falta de detalhes nas embalagens dos produtos por parte dos fabricantes. Com isso, conclui-se ser muito pertinente reivindicações a respeito da necessidade de mais informações para os consumidores nas embalagens dos nanoprodutos, além da avaliação dos riscos de exposição e potenciais efeitos danosos antes da sua comercialização.

Update assesement of products manufactured with nanotechnology and their potential risks of exposure and effects to humans and the environmental

ABSTRACT

Nanomaterials have outstanding properties (e.g. optical, electrical, magnetic, mechanical, and thermal) and have been incorporated in a variety of products. Consequently, it is observed a fast penetration of the nanoproducts on the market under conditions of significant uncertainty of their environmental effects and risks to humans. To show more transparency and bring information to consumers, several inventories were created. In the present work, we revised the European inventory named The Nanodatabase because it is the most complete and actualized database about products manufactured with nanotechnology. The Nanodatabase includes information about the product name, applied nanomaterial, location of nanomaterial in the product, the origin of the products, as well as a safety evaluation of each nanoproduct. However, it was possible to find many products lack basic information due to a lack of reports from manufacturers. This study presents relevant information about the commercialized nanoproducts to a broad audience.

KEYWORDS: Nanotechnology. Nanoproducts. Society. Environment.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DTU Environment, ao *Danish Ecological Council* e ao *Danish Consumer Council* pelo desenvolvimento do inventário. Agradecemos especialmente a Steffen Hansen do DT Environment pela permissão e auxílio com algumas informações.

REFERÊNCIAS

ANTUNES FILHO, S.; BACKX, B. P.; **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1-15, 2020.

ASMATULU, E.; TWOMEY, J.; OVERCASH, M.; **Journal of Nanoparticle Research**. 2012, 14, 720.

DRENO, B.; ALEXIS, A.; CHUBERRE, B.; MARINOVICH, M.; **Journal European Academy of Dermatology**. 2019, 33, 34.

DURAN, N.; ROLIM, W. R.; DURAN, M.; FAVARRO, W. J.; SEABRA, A. B.; **Química Nova** 2019, 42, 206.

GOODILIN, E.A.; WEISS, P. S.; GOGOTSI, Y.; **ACS Nano** 2019, 13, 10879.

HANSEN, S. F.; HEGGELUND, L. R.; BESORA, P. R.; MACKEVICA, A.; BOLDRIN, A.; BAUN, A.; **Environmental Science: Nano**. 2016, 3, 169.

HANSEN, S. F.; **Nature Nanotechnology**. 2017, 12, 714.

<https://aralliance.org/gsr19>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

<https://nanodb.dk/>. Acesso em: 09 de novembro de 2020.

<http://www.nanoreg2.eu/nanoreg2-closing-meeting>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

<http://www.nanotox2018.org>. Acesso em: 03 de outubro de 2020.

<https://www.researchandmarkets.com/reports/4520812/global-nanotechnology-market-by-component>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

JEEVANANDAM, J.; BARHOUM, A.; CHAN, Y. S.; DUFRESNE, A.; DANQUAH, M. K.; **Beilstein Journal of Nanotechnology**. 2018, 9, 1050.

JOSKO, I.; OLESZCZUK, P.; SKWAREK, E.; **Journal of Hazardous Materials**. 2017, 331, 200.

JOUBERT, I. A.; GEPPERT, M.; ESS, S.; NESTELBACHER, R.; GADERMAIER, G.; DUSCHL, A.; BATHKE, A. C.; HIMLY, M.; **NanoImpact** 2020, 17, 100201.

NOLASCO, L. G.; SANTOS, N.; **Revista Da Faculdade De Direito Da UFMG**. 2017, 71, 375.

NOVENTA, S.; ROWE, D.; GALLOWAY, T.; **Environmental Science: Nano**. 2018, 5, 1764.

PIETROIUSTI, A.; STOCKMANN-JUVALA, H.; LUCARONI, F.; SAVOLAINEN, K.; **WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology**. 2018, 10, 1513.

PULIT-PROCIAK, J.; BANACH, M.; **Open Chemistry**. 2016, 14, 76.

SNIR, R.; RAVID, G.; **Regulation & Governance**. 2016, 10, 314.

VANCE, M. E.; KUIKEN, T.; VEJERANO, E. B.; MCGINNIS, S. P.; HOHELLA JR, M. F.; REJESKI, D.; HULL, M. S.; **Beilstein Journal of Nanotechnology**. 2015, 6, 1769.

WEI, Y.; YAN, B.; **National Science Review**. 2016, 3, 414.

WU, F.; HARPER, B. J.; CRANDON, L. E.; HARPER, S. L.; **Environmental Science: Nano**. 2020, 7, 105.

YI, X.; YU, M.; LI, Z.; CHI, T.; JING, S.; ZHANG, K.; LI, W.; WU, W.; **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. 2019, 102, 789.

Recebido: 18/03/2021

Aprovado: 24/02/2022

DOI: 10.3895/rts.v18n51.13953

Como citar: SANTOS, E. B.; MATOS, L. C. Avaliação atualizada dos produtos manufaturados com nanotecnologia e seus potenciais riscos de exposição e efeitos aos humanos e ao meio ambiente. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 18, n. 51, p.59-72, abr./jun., 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13953>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

