



## MAPEAMENTO TECNOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE MICRO E NANOPARTÍCULAS

Vanessa M. Santos\*<sup>1</sup>; Felipe M. M. Barbosa<sup>2</sup>

1 – Departamento de Engenharia Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Rua Emídio dos Santos, s/n- Barbalho, Salvador-BA, Brasil.

[vanessa@ifba.edu.br](mailto:vanessa@ifba.edu.br)

2 - Departamento de Engenharia Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

### RESUMO

*A demanda cada vez maior por produtos diferenciados tem motivado pesquisas constantes na melhoria dos produtos entregues ao consumidor, independente do setor de aplicação. No que concerne aos sistemas contendo materiais particulados é sabido que as características físicas e morfológicas das partículas afetam as mais diferentes aplicações e desempenho dos produtos. Uma classe desses sistemas particulados são os pigmentos que estão presentes nos mais diferentes setores e em qualquer deles a aplicação depende das propriedades apresentadas por estes materiais. Uma grande aposta tem sido a busca por partículas cada vez menores para conferir propriedades diferenciadas aos materiais. Sistemas micro ou nanoparticulados têm sido extensivamente estudados, pois as indústrias demandam propriedades específicas o que torna necessário o desenvolvimento de novas técnicas de processamento e dispersão, por exemplo. Dentro desse contexto, esse estudo teve como objetivo mapear as informações tecnológicas relativas aos processos desenvolvidos na última década para produção de micro e nanopartículas por meio da prospecção tecnológica em bases de patentes e sua aplicação no segmento tecnológico de pigmentos/revestimentos. Como metodologia utilizou-se das informações publicadas na base de patentes internacional ESPACENET, a qual abrange mais de 90 países, utilizando operadores booleanos em conjunto com palavras-chave, truncando os resultados em um recorte temporal para a última década. Como resultado geral, verificou-se que as tecnologias de micro e nanopartículas com maior interesse pelos pesquisadores estão relacionadas à fabricação ou tratamento de nanoestruturas, à nanotecnologia para materiais ou ciências de superfície, como por exemplo, nanocompósitos e a agentes antineoplásicos. Utilizando a estratégia de busca com os termos “pigment” ou “coating”, juntamente com os termos anteriores, além do uso do código internacional de classificação de patentes, o pequeno número de documentos recuperados mostra o potencial para ser explorado nesse segmento específico.*

**Palavras-chave:** *Pigmentos. Prospecção Tecnológica. Micropartículas. Nanopartículas. Revestimentos.*

### INTRODUÇÃO

O estudo de sistemas particulados é de grande importância devido as diversas aplicações desses sistemas nos mais diferentes tipos de indústria, bem como a relação desses sistemas com as

propriedades físicas e morfológicas dos mais variados produtos industriais tais como catalisadores, fármacos, protetores solares, maquiagem, pomadas, tintas, entre outros. Em relação aos materiais particulados, essas propriedades físicas e morfológicas afetam desde fenômenos moleculares que ocorrem no interior da partícula, tais como a difusão mássica, até o dimensionamento do equipamento que processará tal material<sup>(1)</sup>. Nesses sistemas envolvendo materiais particulados é sabido que o tamanho de partículas confere propriedades especiais aos produtos<sup>(2)</sup> que as contém e é um aspecto determinante no desenvolvimento de produtos e processos.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar um mapeamento tecnológico, a partir de uma prospecção em bancos de patentes, para que se tenha conhecimento do estágio de desenvolvimento das tecnologias empregadas para a produção de micro e nanopartículas. Em uma segunda etapa, a estratégia de busca considera o mapeamento tecnológico das micro e nanopartículas voltadas a obtenção de pigmentos/revestimentos, em geral, e para o segmento de pigmentos/revestimentos protetores. O mapeamento tecnológico é uma ferramenta importante para o planejamento e permite identificar necessidades críticas de produtos que orientarão as decisões de seleção e desenvolvimento de tecnologia; determinar as alternativas de tecnologia que podem satisfazer as necessidades críticas de produtos; selecionar as alternativas tecnológicas apropriadas e gerar um plano para desenvolver e implantar alternativas tecnológicas apropriadas<sup>(3)</sup>. Os resultados deste trabalho nortearão decisões sobre pesquisas atuais relacionadas a produção de partículas realizadas pelo grupo de pesquisa.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para identificar os processos de produção ou obtenção de micro e nanopartículas com aplicações diversas, a metodologia desta pesquisa baseou-se no uso da base de dados do banco de patentes do European Patent Office (ESPACENET). Como estratégia inicial de busca utilizou-se as palavras-chave abrangentes e operadores booleanos como or, and, \*. A combinação dos termos (nanoparticle\* or microparticle\*) and (method\* or process\* or manufacture) foi utilizada para pesquisa nos títulos e resumos dos documentos em um recorte temporal de uma década (2011 a 2021). Na etapa posterior, a estratégia de busca contempla os termos “pigment” e “protective pigment” juntamente com os termos anteriores, além do uso do código internacional de classificação de patentes (IPC). Substituiu-se também os termos “pigment” e “protective pigment” pelos termos “coating” e “protective coating” com intuito de refinar a busca. Essas patentes foram analisadas a fim de identificar os processos empregados na produção de micro e nanopartículas em geral, e para a obtenção de pigmentos ou revestimentos, como estudo de caso.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao se utilizar os termos (nanoparticle\* or microparticle\*) and (method\* or process\* or manufacture), com um recorte temporal de uma década (2011 a 2021), nos campos de busca “título e resumo” e “data de publicação” do ESPACENET, foram encontrados 48.473 resultados. Com base nesses resultados, verifica-se que dentre os países que depositaram patentes sobre processos ou métodos ou fabricação de micropartículas ou nanopartículas, aqueles que se destacam são os Estados Unidos (EUA), Coréia do Sul, Japão, China e Alemanha. Estes números, a princípio, indicam que estes países são os mais interessados na tecnologia de micro e nanopartículas. Outro ponto importante a ser ressaltado é que desde 2010 até 2018 houve um crescimento da quantidade de documentos publicados. Ao investigar esse crescimento, verificou-se que os EUA, nos anos 2000, lançaram a política chamada de

“National Technology Initiative” (NNI), a qual tem como objetivo acelerar a descoberta, desenvolvimento e implantação de ciência, engenharia e tecnologia em nanoescala por meio de um programa coordenado de pesquisa e desenvolvimento alinhado com as missões das agências participantes<sup>(4)</sup>. Esta iniciativa pode ser um fator contribuinte e explicar o fato dos EUA estar entre os países que mais depositaram e publicaram documentos de patentes nesta última década. Além disso, a NNI chegou a receber um investimento de 1,8 bilhão de dólares em 2018<sup>(5)</sup>, fator que pode ter contribuído para o desenvolvimento tecnológico na área e, conseqüentemente, para o número significativo de publicações de patentes em 2018.

Assim como os EUA, a China investiu pesadamente em nanotecnologia nas últimas décadas, sendo uma das principais áreas de foco nos programas científicos de médio e longo prazo entre 2006 e 2020. Em 2012, o país também lançou um Programa Estratégico Pioneiro em nanotecnologia, que teve um orçamento de um bilhão de yuans (US\$ 152 milhões) por cinco anos e foi liderado pela Academia Chinesa de Ciências (CAS) em Pequim<sup>(6)</sup>.

A Coreia do Sul foi um dos primeiros países em que o governo forneceu suporte a nanotecnologia e, até o momento, permanece como um dos líderes nessa área. Logo após os Estados Unidos lançarem a NNI, o governo coreano emitiu também seu Plano de Desenvolvimento em Nanotecnologia (NDP) para coordenar o desenvolvimento ativo da nanotecnologia na Coreia do Sul. A NDP foi revisada a cada 5 anos, sendo a Segunda Fase da NDP em 2005 e a Terceira Fase da NDP em 2011. A terceira e mais recente fase da NDP ratificou o forte comprometimento do governo em nanotecnologia, dando ênfase na criação de novas indústrias, empresas e produtos que utilizam nanotecnologia. O governo da Coreia mudou o foco da terceira fase da NDP para aplicações comerciais mais específicas, selecionando 30 tecnologias futuras nas categorias nanodispositivos, nanobio, nanoenergia/meio ambiente, nanomateriais e nanofabricação/instrumentos de medição, e destinando US\$ 720 milhões durante o período de 2011-2020 para desenvolver essas novas tecnologias<sup>(7)</sup>. Assim como relatado para os EUA e China, os dados mostram claramente a relação entre o incentivo e políticas governamentais para o desenvolvimento tecnológico e o número de patentes depositadas.

A busca inicial traz uma visão geral do assunto definido no escopo por meio dos termos (nanoparticle\* or microparticle\*) and (method\* or process\* or manufacture), utilizados nos campos de título e resumo do documento da patente. Para identificar as áreas de aplicação tecnológica, os códigos IPC/CPC são de grande importância porque permitem relacionar a tecnologia com a área específica de aplicação. Portanto, analisando os resultados obtidos juntamente com os códigos IPC, as áreas com maiores números de publicações são àquelas relacionadas à fabricação ou tratamento de nanoestruturas (B82Y40/00); à nanotecnologia para materiais (B82Y30/00) ou para ciência de superfície, como por exemplo, nanocompósitos e a área referente a agentes antineoplásicos (A61P35/00)<sup>(8)</sup>.

Em relação aos titulares, um dado observado é que grande parte dos depósitos de patentes foi feita pelas universidades chinesas ZHEJIANG (364 documentos), TIANJIN (353 documentos) e JINAN (328 documentos) na última década. Além das universidades chinesas, o Instituto Avançado de Ciência e Tecnologia da Coreia (KAIST) se encontra na 9ª posição das instituições com maior número de publicações com 244 documentos de patente publicados; o Instituto de Ciência e Tecnologia da Coreia (KIST) se encontra na 11ª posição com 227 documentos publicados e a Universidade da Califórnia se encontra na 12ª posição com 224 documentos publicados, mostrando também que EUA, China e Coreia do Sul destacam-se

também como países detentores da tecnologia até o momento, com base na metodologia descrita.

Após a obtenção dos resultados utilizando a estratégia de busca com os termos (nanoparticle\* or microparticle\*) and (method\* or process\* or manufacture), a busca foi refinada acrescentando os termos “pigment” e “protective pigment” com o objetivo de avaliar o segmento tecnológico de pigmentos e pigmentos+proteção.

Ao se realizar a pesquisa na base de patentes ESPACENET com o termo “pigment” em conjunto com os termos anteriormente mencionados (microparticle, nanoparticle, method, process, manufacture), num recorte temporal de 2011 a 2021, foram obtidos 319 resultados, os quais foram refinados utilizando o termo “protective coating”. Essa estratégia de busca resultou em 48 documentos. Os documentos foram analisados para identificar os processos empregados na produção de micro e nanopartículas em geral e para a obtenção de pigmentos ou revestimentos. Desse modo, analisando as respectivas descrições/reivindicações nos referidos documentos, verificou-se que dos 48 documentos, 35 apresentavam métodos nos quais as partículas já haviam sido incorporadas em escala nano e 12 apresentavam processos químicos e/ou físicos que, de fato, eram designados para a obtenção de nanopartículas e 1 foi publicado em dois países diferentes. Dentre os processos físicos descritos, 3 apresentavam processos físicos para obtenção de nanopartículas, 3 apresentavam processos químicos e físicos juntos utilizados para se obter nanopartículas. Entre esses processos foram encontradas tecnologias que se referem a obtenção de micro e nanopartículas por moagem de alta energia, moagem de alta velocidade em um moinho planetário, moagem mecânica em moinho de bolas, dispersão de alta velocidade e extrusão/esferonização.

Os resultados ratificam a necessidade de aprimorar a estratégia de busca para facilitar a identificação dos processos que são utilizados para obtenção de micro e nanopartículas, pois a maioria dos documentos recuperados referem-se a processos nos quais as partículas já são incorporadas em escala nano, necessitando aprimorar a estratégia para refinar a busca inicial e recuperar documentos com foco na obtenção da partícula. Por outro lado, o número reduzido de documentos recuperados aponta para uma oportunidade de inovação e, para isso, de maior investigação sobre a aplicação de processos mecânicos na obtenção de partículas nas dimensões citadas, sobretudo aplicadas a tintas, pigmentos e revestimentos de proteção.

## **CONCLUSÕES**

Dentro dos limites da análise realizada, foi possível obter uma visão geral sobre a tecnologia a partir do mapeamento proposto inicialmente. A análise dos dados coletados permitiu identificar os países detentores da tecnologia, as áreas de maior interesse relacionadas às tecnologias para obtenção de micro e nanopartículas e o perfil de crescimento do assunto ao longo da última década. Os resultados mostram que grande parte dos depósitos de patentes foi feita por universidades chinesas, ratificando o fato da China ser o país detentor das patentes sobre tecnologias de micro e nanopartículas. As tecnologias de micro e nanopartículas com maior interesse pelos pesquisadores estão relacionadas a fabricação ou tratamento de nanoestruturas, a nanotecnologia para materiais ou ciências de superfície, como por exemplo, nanocompósitos e agentes antineoplásicos. Quando se analisa o perfil de crescimento do assunto, os resultados mostram que o avanço das tecnologias de micro e nanopartículas na última década estão diretamente relacionadas com políticas governamentais de fomento para o desenvolvimento da nanotecnologia, tendo seu pico no ano de 2018. De maneira geral, o número de documentos recuperados mostra a importância da estratégia de busca para facilitar a obtenção das

informações requeridas. Especificamente para o uso de micro e nanopartículas aplicadas a tintas, pigmentos e revestimentos de proteção, o número reduzido de documentos descrevendo processos mecânicos mais simples pode ser um indicativo de oportunidade de maior investigação envolvendo esses processos com vistas a possibilidade de inovação.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA/Campus Salvador) pela bolsa de estudo concedida e à Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IFBA pelo incentivo.

## **REFERÊNCIAS**

1. CREMASCO, M.A. Operações Unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. São Paulo, SP: Blucher. 2018.
2. VASCONCELOS, A.; CAVALCANTI, V.M.S. Prospecção Tecnológica da Aplicação de Micro e Nanopartículas em Fármacos e Cosméticos. Anais do VIII CONEPPI. Salvador, BA. 2013.
3. GARCIA, Marie L.; BRAY, Olin H. Fundamentals of technology roadmapping. Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States), 1997.
4. NNI Vision and Goals. Disponível em: <<https://www.nano.gov/about-nni/what/vision-goals>>. Acesso em: 25/03/2022.
5. NNI Supplement to the President's 2018 Budget. Disponível em: <<https://www.nano.gov/2018BudgetSupplement>>. Acesso em: 25/03/2022.
6. QIU, J. Nanotechnology development in China: challenges and opportunities. National Science Review. 2016. Disponível em: <<https://academic.oup.com/nsr/article/3/1/148/2460438?login=true>>. Acesso em: 25/03/2022.
7. MARCHANT, G. E. Nanotechnology Regulation: Potential and Progress for International Coordination. 2013. Disponível em: <<http://www.klri.re.kr:9090/handle/2017.oak/6433>>. Acesso em: 25/03/2022.
8. ESPACENET. European Patent Office. Disponível em:<<https://worldwide.espacenet.com/>>. Acesso em: 07/03/2022.

## **TECHNOLOGICAL ROADMAPPING FOR THE PRODUCTION OF MICRO AND NANOPARTICLES**

### **ABSTRACT**

*The increasing demand for differentiated products has motivated constant research in the improvement of products delivered to the consumer, regardless of the application sector. With regard to systems containing particulate materials, it is known that the physical and morphological characteristics of the particles affect the most different applications and product performance. A class of these particulate systems are the pigments that are present in the most different sectors and in any of them the application depends on the properties presented by these materials. A big bet in this sense has been the search for smaller and smaller particles to give different properties to materials. Micro or nanoparticulate systems have been extensively studied, as industries demand specific properties, which makes it necessary to develop new processing and dispersion techniques, for example. Within this context, this study aimed to map the technological information related to the processes developed in the last decade for the production of micro and nanoparticles through technological prospection in patent bases and their application in the technological segment of pigments/coatings. As a methodology,*

*information published in the international patent database ESPACENET was used, which covers more than 90 countries, using Boolean operators in conjunction with keywords, truncating the results in a time frame for the last decade. As a general result, it was found that the micro and nanoparticle technologies of greatest interest to researchers are related to the fabrication or treatment of nanostructures, nanotechnology for materials or surface sciences, such as nanocomposites and antineoplastic agents. Using the search strategy with the terms “pigment” or “coating”, together with the previous terms, in addition to the use of the international patent classification code, the small number of documents retrieved shows the potential to be explored in this specific segment.*

**Keywords:** *Coatings. Pigments. Microparticles. Nanoparticles. Technological Prospecting.*