

## **Redação selecionada e publicada pela Olimpíada de Química – OQSP-2020**

[http://allchemy.iq.usp.br/oqsp/OQSP-2020-1-Nanoquimica-Rodrigo\\_Fernandes](http://allchemy.iq.usp.br/oqsp/OQSP-2020-1-Nanoquimica-Rodrigo_Fernandes)

**Autor: Rodrigo Sinato Fernandes**

Série: primeira (2019) do Ensino Médio

Prof: Abel Scupeliti Artilheiro

Colégio Agostiniano São José, São Paulo

### ***NANOQUÍMICA E NANOMATERIAIS***

#### ***Propriedades de nanocompostos e principais aplicações da medicina***

Desde os primórdios da Química e de seus estudos, há inúmeras grandes descobertas e teorias a se destacar nas mais variadas áreas que essa ciência abrange. A partir de uma série de experimentos e hipóteses, várias pesquisas químicas se sucederam, contribuindo para um amplo e crucial conhecimento para a compreensão do Universo, a ação humana sobre ele e a construção das sociedades. Nesse sentido, é válido ressaltar, por exemplo: as diferentes teorias ácido-base de autores como Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis, que fundamentaram a Química Inorgânica; os modelos atômicos desde Dalton até Schrodinger, explicando o alicerce da Química; e o enorme desenvolvimento em Química Orgânica, possibilitando a compreensão e a produção de uma infinidade de compostos, desde os biológicos até polímeros como o PET (polietilenotereftalato).

Seguindo essa sequência de importantes avanços científicos, destaca-se, atualmente, uma enorme nova área de estudo e pesquisa multidisciplinar intimamente conectada à Química: a nanotecnologia. De etimologia grega, o prefixo “nano” refere-se à unidade de medida desse novo campo científico, o nanômetro, o qual corresponde à bilionésima parte do metro ( $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ). Assim, o mundo que se abre é o das dimensões nanométricas, usualmente descrito entre as dimensões de 0,1 nm a 100 nm. Para efeitos de comparação, o diâmetro de um átomo de hidrogênio é da ordem de 0,1 nm ( $1 \text{ \AA}$ ).<sup>1</sup> Portanto, a nanotecnologia pode ser entendida como o entendimento, o desenvolvimento, a manipulação e a aplicação de sistemas e estruturas em nanoescala (ao menos uma das dimensões inferior a 100 nm) a fim de se estabelecer materiais específicos com propriedades pré-definidas em escalas molecular, microscópica e macroscópica. Apresentando no mínimo uma de suas dimensões em escala nanométrica, os materiais nanoestruturados particularizam-se por características próprias, oferecendo peculiaridades bastante interessantes tanto teórico como tecnologicamente<sup>1</sup>.

Dito isso, é fato que, ao longo da História, há registros milenares do uso desses materiais nanoestruturados com os mais diversos fins, como o “elixir da longa vida” dos alquimistas egípcios (nanopartículas de ouro em suspensão) e a tinta nanquim chinesa (nanopartículas de carvão em solução aquosa), além da fuligem no cotidiano urbano. Entretanto, a nanociência e a nanotecnologia propriamente ditas apenas começaram a ser desenvolvidas a partir do século XX, notoriamente com as ideias iniciais apresentadas pelo físico Richard Feynman em conferência e pela ilustre conquista dos físicos da empresa IBM em construir nanoscópios e manipular precisamente 35 átomos de xenônio para formar o logotipo da marca<sup>VI</sup> (Figura 1).

A partir disso, promoveu-se um forte investimento mundial em nanotecnologia, de modo que especialistas atualmente acreditam que essa novidade científica tornar-se-á equiparável às Revoluções Industriais e Tecnológicas da humanidade. Corroborando essa previsão, é imprescindível destacar a grande gama de possibilidades, oportunidades e aplicações já conhecidas da nanotecnologia, tais como: uso em catálise; processos fotoquímicos e exploração das propriedades ópticas; forte potencial medicinal; preservação ambiental; dispositivos eletrônicos, entre outros. Dentre as principais promessas da nanociência, é interessante mencionar os nanomateriais de carbono e as nanopartículas de ouro.

<sup>1</sup> Dados disponíveis em <http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamanho-dos-atomos.html>

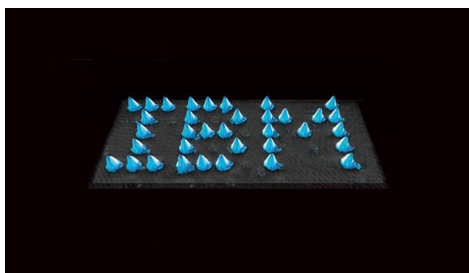


Figura 1

Para se compreender esse novo mundo nanométrico, é necessário que se compreenda, primeiramente, como são preparados os nanomateriais. Para tal, há duas formas básicas: *bottom-up* (sentido ascendente) e *top-down* (sentido descendente). Enquanto este consiste na ruptura de um material prévio maior em nanopartículas, aquele estabelece a construção a partir de átomos e moléculas.

Evidentemente, o principal tópico ao se tratar de nanotecnologia é o estudo das características e particularidades dos nanomateriais. Dentre elas, é importante destacar: a elevada área superficial específica; a alta reatividade; o grande potencial para a funcionalização e para a preparação de produtos pré-determinados; as peculiaridades ópticas; propriedades em condução térmica e elétrica; adsorção favorecida; as influências quânticas; entre outras. Por ser uma ciência recente, muitas delas ainda estão sendo estudadas, pesquisadas e descobertas. Todavia, tão somente com o conhecimento que já se possui, as possibilidades de aplicação no presente e no futuro são inúmeras.

Assim, em primeiro ponto, com a diminuição drástica do tamanho das partículas que constituem o material, as rugosidades e a área da superfície aumentam conforme o volume é reduzido. Dessa forma, a área superficial específica (definida como a razão entre a área da superfície pelo volume) é muito elevada, favorecendo o contato com outros componentes do sistema, justificando a tendência para a alta reatividade (superfícies disponíveis para reagirem). Conseqüentemente, a catálise é uma aplicação óbvia e fundamental da nanotecnologia, a qual pode ser aplicada para se aperfeiçoar, controlar e otimizar nanopartículas específicas como catalisadoras, tais como as de ouro e de carbono.

Além disso, deve-se entender o frequente conceito de funcionalização, o qual se refere à manipulação e modificação intencional e planejada de nanomateriais (muitas vezes com a inserção/junção de outros compostos, como biomoléculas) a fim de realizar uma determinada função. Por exemplo, tem-se a funcionalização de nanopartículas de ouro com biopolímeros para a construção de biossensores e a de nanotubos de carbono para aplicação em *drug delivery* e tratamento de câncer. Com isso, é possível manipular especificamente nanomateriais para que eles apresentem propriedades, aplicações e formas específicas e eficientes<sup>II, III</sup>.

Finalmente, algumas outras propriedades também exploradas são a condução térmica e elétrica possivelmente facilitada, o que se faz claro com os nanotubos de carbono, os quais são bons condutores e semicondutores especialmente pelas pequenas dimensões e pelo confinamento quântico. Em razão da elevada área superficial específica, há também uma tendência para melhores capacidade de adsorção e retenção de compostos na superfície das nanoestruturas. Ademais, em decorrência da redução do tamanho das partículas e dos conseqüentes efeitos quânticos, o comportamento da luz é alterado, de modo que a realidade macroscópica não é a mesma da nanométrica; por exemplo, com as nanopartículas de ouro e sílica e os fenômenos de dispersão luminosa. Além dessas, há outras características menos relevantes e mais próprias de cada material, como biocompatibilidade e alterações magnéticas (como a possível de magnetismo do ferro quando como nanopartículas da ordem de 10 nm)<sup>I</sup>.

- Vídeo relativo a descrição de experimentos e seus resultados envolvendo utilização e aplicações de nanopartículas magnéticas na medicina<sup>X</sup>.

Analisadas algumas das principais diferenças dos nanomateriais, uma das maiores e mais relevantes aplicações da nanotecnologia reside na nanomedicina. Sendo uma área bastante ampla e diversificada, os estudos e pesquisas são direcionados ao desenvolvimento, teste e melhoria de nanopartículas e nanomateriais específicos para cada situação médica, com destaque para o uso de nanopartículas magnéticas que são partículas de 10 a 200 nm formadas por materiais magnéticos, como a magnetita. Nesse sentido, uma das ramificações que mais avançou e com maiores resultados consiste nos sistemas de *drug delivery* por meio de nanocarreadores. As nanopartículas magnéticas são recobertas com o fármaco desejado, injetada na corrente sanguínea e direcionada ao tumor no qual são fixadas. Nesse momento, o fármaco é liberado e atua com maior especificidade no local<sup>X</sup>.

Além disso, os nanomateriais metálicos são facilmente manipuláveis e apresentam particularidades ópticas, eletrônicas e catalíticas que possibilitam usos diversificados, como biossensores, diagnósticos e entrega de moléculas nas células. Ademais, aproveitando-se da boa capacidade desses compostos de converterem rapidamente luz absorvida em calor, direciona-se essa energia térmica para seletivamente destruir células cancerígenas pelo processo da fototerapia. Desse modo, nanopartículas de ouro funcionalizadas com fármacos atuam como opção promissora por ter as propriedades descritas de forma mais vantajosa. Já as nanopartículas magnéticas também são constituídas por alguns metais, sendo suas propriedades úteis em *drug delivery*, como contraste em ressonância magnética e no combate ao câncer (conversão de energia de campo magnético em calor, que elimina células cancerígenas por hipertermia magnética)<sup>X</sup>.

Figura 2

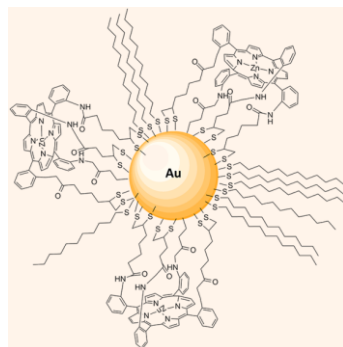
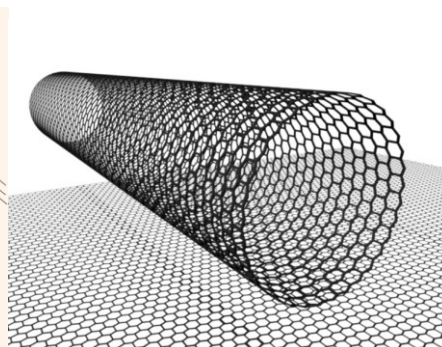


Figura 3



Finalmente, uma das aplicações mais relevantes corresponde ao *drug delivery*, isto é, à entrega planejada e específica de fármacos em células pré-determinadas. As particularidades das nanopartículas tornam-nas ideais para esse uso, como pela alta área superficial, as dimensões muito reduzidas e o grande potencial de funcionalização da superfície. Outros atributos importantes são a biodegradabilidade, a biocompatibilidade, a capacidade de encapsulamento, entre outros. Assim, nanopartículas são especificamente projetadas e desenvolvidas para serem capazes de transportar fármacos encapsulados e terem suas superfícies funcionalizadas, aumentando as vantagens do sistema, a fim de melhorar sua especificidade e seletividade, direcionando-se exclusivamente à região em questão do paciente (ex.: tumor ou tecido determinado), garantindo uma atividade terapêutica benéfica, segura e concentrada (reduzindo, por exemplo, efeitos colaterais sobre regiões não especificadas). Assim, dentre os principais tipos de nanocarreadores, estão: os lipossomas, as micelas, os dendrímeros, as nanopartículas poliméricas (nanoesferas e nanocápsulas), e as nanopartículas lipídicas sólidas (NLS).

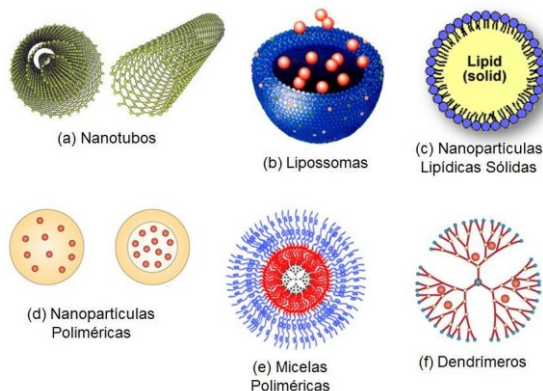
De maneira bastante simplificada, os lipossomas consistem em vesículas formadas por uma ou mais bicamadas fosfolipídicas (proximidade com as membranas celulares) concêntricas, oferecendo natureza anfifílica e elevadas biocompatibilidade, biodegradabilidade, versatilidade e funcionalização, sendo a promessa central do *drug delivery* em nanoescala. Já as micelas são estruturas anfifílicas estáveis com constituição diversa cujo funcionamento baseia-se nas micelas de tensoativos. Figura 4

Os dendrímeros, por sua vez, são moléculas altamente ramificadas e funcionalizadas, multifuncionais e bem estruturadas para o transporte de compostos. Em seguida, as nanopartículas poliméricas (tanto as nanoesferas matriciais quanto as nanocápsulas vesiculares) são transportadores coloidais compostos por polímeros sintéticos ou naturais, sendo biodegradáveis, não tóxicos e muito biocompatíveis. Em último ponto, as NLS são constituídas por dispersões de lipídeos com alto ponto de fusão em meio aquoso, oferecendo excelente biocompatibilidade e um eficiente *delivery* de substâncias hidrofílicas e lipofílicas encapsuladas.

Entretanto, não são todas as nanopartículas que podem ser utilizadas em nanomedicina. É imprescindível se analisar anteriormente um fator muito relevante: a nanotoxicidade. Em razão de ser uma área recente, muito ainda não foi estabelecido e estudado, inclusive o potencial efeito na saúde humana causado pela exposição aos diversos e variados nanomateriais. Como exemplo, tem-se as investigações acerca das doses e frequência de uso, a biocompatibilidade e biodegradabilidade, a alta reatividade desses compostos (podendo inclusive catalisar reações indesejadas), o pequeno tamanho favorecendo a livre movimentação para diferentes áreas do corpo, entre outras<sup>V</sup>. Assim, ainda é necessário que se estabeleça um série de testes, padronizações e regulamentações da nanomedicina.

Por outro lado, também são grandes as preocupações a respeito do impacto da nanotecnologia no meio ambiente. Apesar de ter uma grande perspectiva de auxílio decisivo na preservação ambiental, como na prevenção, tratamento, detecção e monitoramento da poluição e na remediação de danos ambientais, também há riscos de seu uso como qualquer novidade científica. Para exemplificar, suas dimensões nanométricas favorecem seu deslocamento pela atmosfera, águas e solos e dificulta sua remoção, bem como seu potencial catalítico pode provocar situações bastante prejudiciais.

Portanto, a nanotecnologia apresenta-se como uma enorme e muito forte novidade científica, com alto potencial para aplicações importantes e diversas a partir de suas vastas e distintas propriedades. Da engenharia à medicina, passando por inúmeras áreas, a nanotecnologia pode contribuir para toda a evolução da humanidade e das sociedades, com previsões que a equiparam inclusive com as Revoluções Industriais. Entretanto, o conhecimento da nanociência ainda é reduzido, sendo necessários numerosos estudos e pesquisas que desvendem suas características e a realidade do mundo nanométrico, também compreendendo os efeitos negativos propiciados para que sejam evitados, como consequências indesejadas aos seres vivos, ao meio ambiente e ao ser humano. Destarte, com a continuidade dos investimentos e desenvolvimento na área, tudo indica para uma revolução científica no futuro, construindo um mundo melhor e mais tecnológico em prol da evolução.



### ➤ Referências Bibliográficas

- I. SOUZA FERREIRA, Hadma; DO CARMO RANGEL, Maria. **Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise**. Química Nova, 2009.
- II. DE MELO, Garcia. **Avanços da nanomedicina: a nova fronteira da medicina**. Revista Ciência Saúde Nova Esperança, 2014.

- III. CANCINO, Juliana; S. MARANGONI, Valéria; ZUCOLOTTI, Valtencir. **Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações**. Química Nova, 2014.
- IV. A. DIMER, Frantiescoli; B. FRIEDRICH, Rossana; C. R. BECK, Ruy; S. GUTERRES, Sílvia. **Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos**. Química Nova, 2013.
- V. H. QUINA, Frank. **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos**. Química Nova, 2004
- VI. Figura 1: Disponível em: <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/microscope/breakthroughs/>. Acesso em: 19/11/2019
- VII. Figura 2: Disponível em: <https://nanomedicina.webnode.pt/nanotecnologia-e-medicina/nanoparticulas/> Acesso em: 18/11/2019
- VIII. Figura 3: Referência Bibliográfica I
- IX. Figura 4: Disponível em: <https://docplayer.com.br/114571327-Ester-pinheiro-dos-santos.html>. Acesso em: 19/11/2019
- X. Nanopartículas magnéticas aplicadas ao tratamento do câncer. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ty18IEQelig>. Acesso em: 20/11/2019