



José Longras Figueiredo

Investigador e professor auxiliar, Departamento de Física,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve

As inimagináveis potencialidades da Nanotecnologia

A nanotecnologia é uma tecnologia que se baseia na utilização de átomos como blocos de construção. Teoricamente, a utilização de átomos como unidade básica

permite a construção de nanomáquinas com capacidade para realizar determinadas tarefas até agora inimagináveis. Permite desenvolver novos materiais,

novos computadores e novos sistemas de arquivo de informação. Espera-se que no futuro esta ciência seja o motor da próxima revolução económica

De que trata a Nanotecnologia?

O termo Nanotecnologia foi utilizado pela primeira vez, em 1974, pelo professor Norio Taniguchi da Universidade de Tóquio. A nanotecnologia corresponde à capacidade de criar agrupamentos de átomos ou moléculas, cujo arranjo espacial e composição são usados para obter estruturas com novas propriedades mecânicas, ópticas, electrónicas ou magnéticas e, portanto, novos produtos industriais. A Nanociência e a Nanotecnologia envolvem o estudo dos procedimentos e equipamentos necessários à manipulação individual de átomos e de moléculas com vista à criação de novos materiais e novos dispositivos. É talvez das tecnologias emergentes a mais multidisciplinar, baseando-se fortemente nos conhecimentos e técnicas da Física, da Química, da Biologia e da Informática, bem como dos diferentes ramos da Engenharia. O prefixo nano (do grego nánnos,

"anão") designa um milésimo da milionésima parte de uma dada quantidade. Por exemplo, um nanómetro (um milésimo da milionésima parte do metro) está para um metro como o diâmetro da moeda de um cêntimo está para o diâmetro da Terra, grosso modo. Ter presente que o de diâmetro de um glóbulo branco é da ordem de 10 mil nanómetros. Convém esclarecer que nem tudo que é nanométrico é nanotecnológico. Uma coisa é a miniaturização outra é a nanotecnologia. Começa a ser consensual que o que é nanotecnológico tem propriedades ou funcionalidades resultantes das dimensões nanométricas e, portanto, diferentes das respectivas versões micro ou macroscópicas. Por exemplo, os transístores dos microprocessadores mais recentes têm características físicas com dimensões inferiores a 100 nanómetros e nem por isso são dispositivos nanotecnológicos, isto é, o seu princípio de funcionamento e as suas capaci-

dades são os mesmos dos seus semelhantes micrométricos. O que não é o caso de uma amostra de nanopartículas de ouro idênticas, cuja cor depende do tamanho das partículas. A nanotecnologia promete prosseguir o trilho da microtecnologia, confirmando que o poder tecnológico de um dispositivo é inversamente proporcional ao seu tamanho, procurando satisfazer a demanda de maior mobilidade e eficiência.

Como surgiu esta área científica?

Embora existam referências anteriores, é geralmente aceite que o potencial revolucionário da nanotecnologia foi pela primeira vez apresentado por Richard Feynman (prémio Nobel da Física de 1965) em 1959, de forma fundamentada e visionária, numa palestra intitulada "There's plenty of room at the bottom: invitation to enter a new field of Physics" ("Há



muito espaço lá em baixo: convite para entrar num novo campo da Física”). Nessa palestra, Feymann propunha a possibilidade física de preparar e manipular a matéria à escala atómica, afirmando que seria possível, por exemplo, escrever a informação contida na enciclopédia britânica na cabeça de um alfinete, se o tamanho de tudo o que lá está escrito fosse reduzido cerca de 25 mil vezes. Conjecturou também que a habilidade de manusear átomos e moléculas permitirá, num futuro próximo, o desenvolvimento de materiais, dispositivos e equipamentos com novas propriedades e capacidades, mencionando a possibilidade de implementação de técnicas de reconhecimento molecular capazes de detectar e tratar doenças nas suas fases mais precoces, praticamente sem efeitos colaterais. Prognosticou ainda a possibilidade da reparação dos nossos órgãos e tecidos através de um exército de nano e micro cirurgiões, introduzidos na circulação sanguínea.

Estas propostas não foram levadas muito a sério até meados dos anos setenta, altura em que a maturidade das técnicas de crescimen-

to epitaxial de materiais semicondutores, camada a camada e com precisão atómica, tornaram possível a manipulação das bandas de energia em heteroestruturas semicondutoras, cujas propriedades são determinadas pelas leis da Física Quântica. A técnica MBE (“Molecular Beam Epitaxy”), por exemplo, permitiu o estudo pioneiro de poços, de fios e de pontos quânticos, nanoestruturas que tiram partido da quantização da energia e da carga eléctrica em resultado do confinamento dos portadores de carga eléctrica (electrões e lacunas) a uma, a duas ou a três dimensões, respectivamente.

Em Portugal como se desenvolve a investigação nesta área?

A investigação em nanotecnologia é uma actividade de I&D presente em Portugal há pelo menos uma década. Não há universidade ou unidade de investigação que não tenha pelo menos um grupo a trabalhar numa área relacionada com a Nanotecnologia. Os grupos maiores realizam investigação em quase todas as áreas: nanomateriais, nanoelectrónica, nanofotónica, nanobiotecnologia, e

bionanotecnologia. Um número crescente de empresas investe em actividades de I&D em Nanociência e Nanotecnologia, em particular nos campos da Biotecnologia e da Medicina. Destaco ainda a criação de vários centros de I&D e a promessa dos governos português e espanhol de implementação de um Instituto Ibérico de Investigação e Desenvolvimento em Braga, dedicados ao estudo da Nanociência e da Nanotecnologia.

Considera que esta é uma área científica emergente?

Creio tratar-se de uma área emergente em quase todo o mundo. A iniciativa americana para a nanotecnologia, proposta pelo vice-presidente Al Gore, foi lançada apenas no ano 2000, o que em termos práticos quer dizer ontem. E estão sendo criados, por todo o lado, institutos e até cidades dedicadas à nanociência e à nanotecnologia. Embora a formação em Nanociência e em Nanotecnologia se tenha iniciado timidamente, através das disciplinas tradicionais ou de opção, actualmente existem vários planos

curriculares, especialmente, na área das ciências naturais e da engenharia, e formação avançada através de mestrados, de doutoramentos e de pós-graduações. Dado o relativo baixo custo de muitas das técnicas associadas à nanotecnologia e ao seu carácter interdisciplinar, mesmo os países com recursos modestos, como o nosso, podem participar activamente em algumas das revoluções nanotecnológicas preanunciadas. A evolução/revolução nanotecnológica está a começar a estar presente no nosso dia-a-dia, prometendo transformar ficção científica em realidade. Nós até não estamos muito atrasados. Mas, é essencial que não se fique apenas pelas boas intenções.

Quais as suas vantagens e contribuições para a sociedade e para o planeta?

Na opinião dos nanotecnólogos mais optimistas, não haverá actividade humana que não venha a ser beneficiada ou influenciada pelos processos ou produtos da nanotecnologia. Espera-se que os conhecimentos gerados pela Nanociência e Nanotecnologia originem mudanças em quase todas as áreas. Tirando partido dos comportamentos peculiares da matéria e da energia, à escala atómica e molecular, espera-se poder implementar materiais e estruturas nanoscópicas com propriedades e funcionalidades quase mágicas. Crê-se que muitas dessas propriedades e funcionalidades induzirão evoluções e revoluções sem precedentes em áreas como a detecção e o tratamento de doenças, a produção e o transporte de electricidade, a emissão e a detecção de radiação, as tecnologias da informação, a produção, o armazenamento e o consumo de energia, e o tratamento de poluentes. Nas áreas do ambiente e dos recursos naturais prevê-se que os novos métodos de fabrico, resultantes das descobertas da nanotecnologia, permitirão reduções significativas no consumo de matérias-primas e de energia, devido ao emprego de processos de produção e ao uso de equipamentos mais eficientes, diminuindo assim os resíduos nos vários ciclos da vida dos produtos.

Entramos na idade da “nano mania”, em que tudo o que é ou tem nano é considerado excitante e vale a pena. Começa a ser comum o consumo de produtos com alguma componente nanotecnológica, desde vestuário anti-ódoas, cremes solares com nanopartículas, materiais de desporto incorporando nanotubos de carbono, até drogas. Mas não se pense que o que é nano só traz maravilhas. A nanotecnologia, como muito outras tecnologias, não deve ser encarada como uma espécie de panaceia, que levará à resolução das dificuldades que a humanidade enfrenta, como a eliminação das doenças ou a redução da desigualdade no mundo. Muito provavelmente aumentará o fosso entre os ricos e os pobres, para além de acarretar riscos para a saúde e a segurança públicas, para o ambiente e ter implicações éticas. São necessárias medidas que levem à atenuação ou eliminação dos eventuais malefícios, impondo, se necessário, regulamentação de forma que as tecnologias e as práticas aceites sejam as que melhor satisfazem as necessidades da humanidade e do planeta, e não apenas as de alguns, assegurando um desenvolvimento sustentado em benefício de todos.

Em que outras áreas é aplicada a nanotecnologia?

É difícil identificar uma área que fique fora da influência da nanotecnologia ou de algum dos seus produtos ou processos. As áreas de aplicação a destacar são o desenvolvimento de novos materiais, a instrumentação electrónica e optoelectrónica e, conseqüentemente, as tecnologias da informação, a segurança, a conservação do ambiente, as indústrias alimentar, têxtil e espacial, e a medicina.

Prevê-se que a actividade de I&D em nanotecnologia permita, por exemplo: o desenvolvimento de dispositivos e de circuitos integrados electrónicos e optoelectrónicos mais “inteligentes”, eficientes e multi-funcionais, bem como uma miríade de novos sensores, ferramentas e instrumentos, podendo estes incorporar tecidos ou sistemas biológicos; o uso de drogas inteligentes e o desenvolvimento de

dispositivos e equipamentos médicos, capazes de executarem novas técnicas de diagnóstico e de tratamento não agressivas com precisão celular (a NASA faz depender o começo das viagens a Marte, lá para o ano 2020, do desenvolvimento de algumas destas drogas, dispositivos e técnicas); a criação de revestimentos, de tecidos e de órgãos de substituição idênticos aos naturais; a fabricação de nanopartículas, nanomateriais e nanoestruturas capazes de aumentar a eficiência de conversão e de armazenamento de energia; a implementação de nanopartículas, nanomateriais e nanoestruturas para detectar e neutralizar a presença de agentes poluentes ou indesejáveis, biológicos ou químicos, com precisão molecular; a produção de novos revestimentos resistentes à corrosão e de materiais compósitos ultra-leves, resistentes, estéreis e impermeáveis; a extensão, sem precedentes, do período de validade dos alimentos, através do uso de embalagens inteligentes; o desenvolvimento de um exército de nanorobôs capazes de sintetizar alimentos interactivos, cujo sabor e conteúdo nutritivo é escolhido pelo consumidor, momentos antes da ingestão.

A confirmarem-se algumas destas previsões, poderá deixar de haver necessidade, por exemplo, das fontes tradicionais de produção de alimento e de matéria-prima, o que trará muitos benefícios para a protecção da biosfera, para além de melhorarias, sem precedentes, nos cuidados de saúde.

Que projectos importantes estão em curso nesta área na UALG?

Para além de trabalhos individuais nas áreas da Biofísica e da Bioquímica relacionados com a Nanociência e a Nanotecnologia, existem na UALG duas unidades de I&D, com classificação de muito bom pela FCT, com actividade em Nanociência e Nanotecnologia: o CEOT (Centro de Electrónica, Optoelectrónica e Telecomunicações) e o CBME (Centro de Biomedicina Molecular e Estrutural).

No CEOT a investigação compreende o estudo de novos dispositivos cujas funcionalidades

são determinadas pelos arranjos atômicos ou moleculares; a análise do efeito da redução das dimensões físicas no funcionamento de dispositivos electrónicos e optoelectrónicos; e o desenvolvimento de biosensores e de interfaces entre os sistemas electrónicos e optoelectrónicos e os sistemas biológicos.

Por sua vez, a acção do CBME na área da nanobiotecnologia centra-se no estudo das propriedades das nanoproteínas e das respectivas alterações de configuração/conformação; no uso de nanocristais e de outras nanoestruturas para reconhecimento molecular; e no desenvolvimento de sistemas de imagem "in vivo".

Alguns dos dispositivos e sistemas em desenvolvimento têm aplicação nas indústrias electrónica e optoelectrónica, farmacêutica, de segurança (monitorização de substâncias tóxicas ou explosivas), e no estudo de processos biológicos fundamentais.

E em Portugal?

Em Portugal trabalha-se activamente nas áreas da nanociência e nanotecnologia há mais de uma década: as primeiras publicações com referências ao prefixo nano datam de meados dos anos noventa. As estruturas nanométricas, e as respectivas aplicações, mais investigadas envolvem: nanoestruturas em camadas, filmes nanométricos, nanocompósitos, nanofibras, nanotubos de carbono, nanocristais (dieléctricos e metálicos), nanopartículas magnéticas, nanocristais semicondutores, nanoestruturas orgânicas e nanoengenharia de tecidos biológicos (biotecnologia e biomimetismo). Uma pesquisa nas bases de dados do tipo "web of knowledge" permite identificar facilmente alguns dos grupos mais activos nestas áreas.

Há algum acontecimento que se possa dizer que marcou a descoberta e início da investigação em nanotecnologia? Quer dar-nos um exemplo?

Para além dos exemplos referidos, creio que um dos marcos mais importantes foi o desenvolvimento do microscópio de varrimento



por efeito de túnel ("Scanning Tunnelling Microscope", STM), em 1981, por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, trabalho que lhes valeu o prémio Nobel da Física de 1986. O STM é um dos instrumentos essenciais da nanotecnologia, pois, para além de permitir "ver" átomos com uma precisão nunca "vista", permite manipular átomos um a um.

Não posso deixar de referir o contributo de Eric Drexler nos anos oitenta como "evangelizador" nanotecnológico. Em 1981, ele publicou um artigo onde propôs a ideia do construtor molecular, uma máquina mesoscópica capaz de manipular átomos e moléculas de forma a replicar-se, construir ou reparar outras máquinas. Drexler contribuiu, mais do que ninguém, para a divulgação do potencial da Nanotecnologia junto do grande público através da publicação de vários livros, de que destaco o "Engines of creation: the coming era of nanotechnology", editado em 1986, e que atraíram muitos investigadores para a Nanociência e Nanotecnologia.

O que o fez optar pela nanotecnologia?

Após a conclusão do mestrado em Optoelectrónica e Lasers, na Universidade do Porto, foi-me proposta a candidatura a uma bolsa de doutoramento, em colaboração com a Universidade de Glasgow, cujo programa compreendia o estudo das propriedades opto-

electrónicas de estruturas contendo díodos de efeito de túnel ressonante (um tipo de díodo unipolar baseado em barreiras de potencial nanométricas).

O que mais o atrai nesta área?

As propriedades e os comportamentos resultantes da dualidade onda-corpúsculo da matéria e da radiação sempre me fascinaram. Na área da Nanotecnologia e da Nanociência entusiasma-me a descoberta e a compreensão das propriedades "quase mágicas" das estruturas de baixa dimensão, assim como o desenvolvimento de dispositivos e técnicas com potencial para a implementação de equipamentos e de ferramentas com novas e múltiplas funcionalidades.

Quer acrescentar mais alguma informação que não tenha sido abordada nesta entrevista?

Congratulo-me pelo trabalho desenvolvido na Cienciapt.net que contribui activamente para a visibilidade das actividades de I&D junto do grande público e das elites dirigentes, e assim excitar a implementação de políticas de educação e de desenvolvimento conducentes à criação em Portugal de condições e atitudes mais favoráveis à inovação e ao progresso tecnológico, fundamentais para o crescimento sustentado do país. 