

10^{-9} m

Ficou famosa a frase de Feynman:
"Há muito espaço lá em baixo".

CARLOS FIOLHAIS

Centro de Física Computacional e Departamento de Física
da Universidade de Coimbra
tcarlos@teor.fis.uc.pt

JORGETRINDADE

Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda
jtrindade@ipg.pt

A NANOTECNOLOGIA DO FUTURO

Se é verdade que a tecnologia é produto da ciência não é menos certo que a tecnologia está por vezes na génese da própria ciência. O físico norte-americano Freeman Dyson [1], investigador no Instituto de Estudos Avançados de Princeton, defende que um novo instrumento pode despoletar ciência inovadora e fascinante. A Astronomia seria praticamente inexistente sem o telescópio. A Biologia quase não teria crescido sem o microscópio. As actuais Ciências da Complexidade nem teriam nascido não fora a disponibilidade do computador.

Um domínio da Física, Química e Engenharia dos Materiais que mais "excitação" está a causar actualmente é a nanotecnologia, a manipulação de átomos e moléculas individuais. Este novo ramo da ciência e da tecnologia não seria possível sem um instrumento que permitisse não só ver como mover os átomos. Chama-se microscópio de varrimento por efeito túnel, em inglês "scanning tunnel microscope" (em abreviatura STM, Fig. 1). O instrumento foi criado em 1982 pelo físico suíço Heinrich Rohrer e pelo físico alemão Gerd Binnig que, por essa invenção, ganharam justamente o Prémio Nobel da Física de 1986. No microscópio de efeito túnel, com a ajuda de uma ponta ultra-fina, guiam-se átomos estranhos sobre uma superfície colocando-os com extraordinária precisão sobre um certo sítio.

De início, a construção do microscópio era difícil e cara, mas, em poucos anos, ela democratizou-se ao ponto de uma pequena empresa suíça, criada por estudantes de

A OU A ENGENHARIA

doutoramento, produzir hoje microscópios relativamente económicos que podem estar disponíveis nas escolas secundárias. Se os átomos permanecem ausentes ou apenas "virtuais" nos livros escolares de Física, no STM eles aparecem bem reais e creíveis. Perante uma tal evidência experimental, não há hoje que ter dúvidas a respeito daquilo que há cem anos se chamava "hipótese atômica" e há mais de dois mil anos, na antiguidade grega, era apenas uma liberdade poética. Escreveu Demócrito com uma premonição notável: *Só há átomos e espaço vazio*.

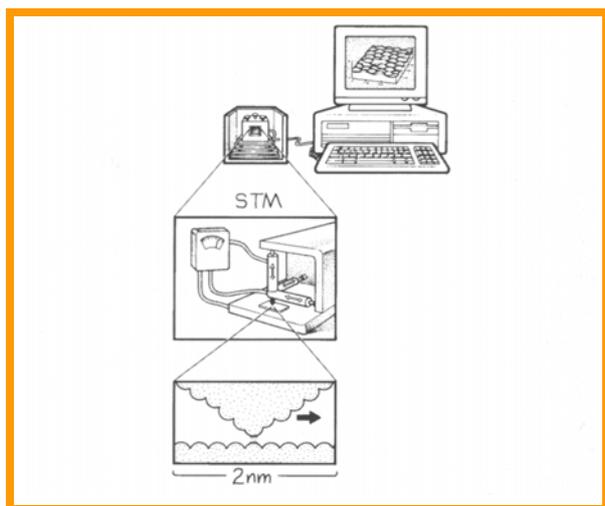


Fig. 1. O microscópio de varrimento por efeito túnel (STM). O STM possui uma agulha ultra-fina por onde passa uma corrente eléctrica. Essa agulha é aproximada muito perto da superfície que se pretende visualizar. Movimentando o STM é possível arrastar um átomo da superfície (adaptado de [2]).

Se só há átomos e espaço vazio e se os átomos podem vagar pelo espaço vazio, poder-se-á pensar em guiar os átomos juntando-os de acordo com um designio pré-definido, de modo a formar moléculas (ou agregados de átomos) e até materiais mais ou menos extensos. O microscópio de efeito túnel (como outros microscópios atômicos, como o chamado microscópio de força atômica, na sigla inglesa AFM) permite precisamente guiar os átomos e juntá-los à medida daquilo que o experimentador quer. Esta possibilidade – que é a base da nanotecnologia – foi prevista por um físico teórico, o norte-americano Richard Feynman (como Roehrer e Binnig, Prémio Nobel da Física), logo nos anos 50.

O PROFETA FEYNMAN

Na conferência de Feynman que inaugurou a nanotecnologia (e que ilustra que não há nada mais prático do que uma boa teoria) ficou famosa uma frase: *There is plenty of room at the bottom (Há muito espaço lá em baixo)* [3]. Feynman anunciou um prémio para quem reduzisse de um factor 1/25000 as letras de um livro (a escala é a que faz corresponder 1 km de terreno a 4 cm, que é usada nas cartas militares). O Sr. Feynman não estava a brincar e não demorou muito até se ver obrigado a entregar os dólares do prémio. Anos mais tarde, Eric Drexler, um graduado do Massachusetts Institute of Technology, retomou a visão de Feynman num ensaio em que teorizava sobre um "construtor" molecular – uma minúscula máquina que manipulava os átomos por forma a construir uma outra máquina igual a si própria e depois se replicava as vezes que fossem necessárias.

Não existe ainda a máquina de Drexler. Mas hoje em dia obtêm-se verdadeiros prodígios manipulando os átomos, proezas muito mais espectaculares do que a escrita minúscula de que falava Feynman: desde a sigla da maior empresa informática do mundo (que assim ficou com o cartaz mais pequeno do mundo) realizada num laboratório suíço usando apenas alguns átomos (Fig. 2) até à cara de Einstein com a língua de fora conseguida num laboratório japonês com alguns poucos átomos.

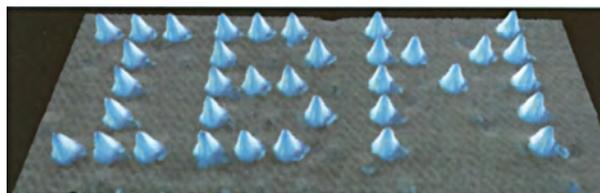


Fig. 2. Em 1989, os laboratórios da IBM em Zurique conseguiram manipular 35 moléculas de xénon (um elemento gasoso que existe na atmosfera em quantidades muito reduzidas) para se lerem, através de um microscópio de STM, as iniciais da empresa [4].

Há alguns anos, um grupo de alunos da Universidade de Cornell construiu uma minúscula guitarra de silício. Cada corda tinha 100 átomos de largura – toda a guitarra cabia numa única célula sanguínea do ser humano. Mais recentemente, investigadores de Cornell fizeram uma harpa usando o mesmo método.

Em 1998, a França, quando ganhou o Campeonato do Mundo de Futebol, recebeu dois troféus: o primeiro tinha 36 cm, o segundo era 10 milhões de vezes mais pequeno – era constituído por apenas três moléculas!

O ano de 2001 foi muito frutífero no desenvolvimento desta ciência. Em Março, foi construído, no Instituto de Tecnologia da Geórgia, uma balança a partir de nanotubos (folhas de carbono enroladas em forma de cilindro). Este dispositivo tem capacidade para pesar vírus individuais. Em Dezembro, cientistas da Universidade de Berkeley construíram um par de pinças capazes de agarrar em objectos moleculares. Os braços da pinça eram feitos de nanotubos ligados a eléctrodos de ouro. Uma vez que os tubos tinham condutividade eléctrica, as pinças podiam abrir os braços e agarrar os objectos. Os inventores acreditam que este tipo de ferramentas será essencial no fabrico de nanotransístores ou mesmo na manipulação de estruturas das células vivas.

Também a NASA se dedica à nanotecnologia, em particular ao desenvolvimento de nanomáquinas de tamanho atómico, construídas com os mesmos componentes que as máquinas ditas "normais": rodas dentadas, engrenagens, alavancas, motores, etc. Estes componentes, fabricados átomo a átomo, são feitos de materiais altamente resilientes (resiliência é a capacidade de resistência ao choque de um material) e quimicamente estáveis. Os nanotubos (de vários diâmetros) são mais fortes do que fibra de diamante e têm condutividade eléctrica semelhante à do cobre. Mais recentemente, conseguiu-se, a partir destes componentes, fazer um minúsculo motor molecular. O feito, anunciado em Setembro, deve-se a T. Ross Kelly, professor da Universidade de Boston. Trata-se de um motor com apenas 78 átomos arranjados em duas moléculas, uma em forma de estrela e outra, na qual assenta a primeira, em forma plana e que serve de base. A roda obtém a energia de uma das moléculas (denominada ATP, ou trifosfato de adenosina – uma das proteínas componentes do DNA, caracterizada pela sua condutividade eléctrica). Na mesma altura, cientistas da Universidade de Cornell, em Nova Iorque, construíram dois motores moleculares com algumas dúzias de átomos. Os engenheiros combinaram duas moléculas, uma sintetizada em laboratório e

outra de ATP, para produzir um rotor (a parte rotativa de um motor), que funcionou durante 40 minutos a três/quatro rotações por segundo.

AS ESCALAS DO NANO

Mas porque se chama nanotecnologia à engenharia dos átomos e das moléculas? O prefixo nano é semelhante ao prefixo mili, que antes de metro significa um milésimo do metro, e ao prefixo micro, que antes de metro significa um milionésimo de metro. Um nanometro é um milésimo de milionésimo do metro, ou um milésimo do micrómetro, ou um milionésimo do milímetro. Esta escala é a característica dos grupos de átomos, as moléculas (como aquelas – DNA, proteínas, etc. – que são constituintes dos seres vivos) (Fig. 3). Se um metro se escreve abreviadamente 1 m, e um milímetro 0,001 m e 1 micrometro 0,000001, então 1 nanometro é 0,000000001 m. Escreve-se ainda mais abreviadamente 10^{-9} m.

Pequeníssimo... Para se ter uma ideia da pequenez note-se que os átomos têm cerca de 1/10000 do tamanho de uma bactéria e que as bactérias têm 1/10000 do tamanho dos mosquitos.

À nanotecnologia estão associados os conceitos de posicionamento e auto-replicação. O primeiro pressupõe que cada átomo é colocado no seu devido lugar, o que implica a existência de robôs cuja dimensão e precisão moleculares permitam manipular e colocar num local exacto átomos e moléculas individuais. A auto-replicação envolve a construção de sistemas capazes de se copiarem a si próprios ou criarem outros sistemas.

O potencial da nanotecnologia vai bastante mais longe. Imagine-se o que seria "encolher" todo o conteúdo da Biblioteca Nacional num dispositivo do tamanho de um cubo de açúcar, usando um meio de armazenamento com capacidades na ordem dos muitos terabits (10^9 bits). Ou aumentar, por um factor de milhões, a velocidade e eficiência dos *chips* dos computadores. No campo da medicina as aplicações são fantásticas: imaginem-se dispositivos invisíveis com capacidade para circular na corrente sanguínea e identificar agentes estranhos ou detectar e reparar células cancerígenas e tecidos danificados, transportar fármacos e provocar reacções químicas terapêuticas.

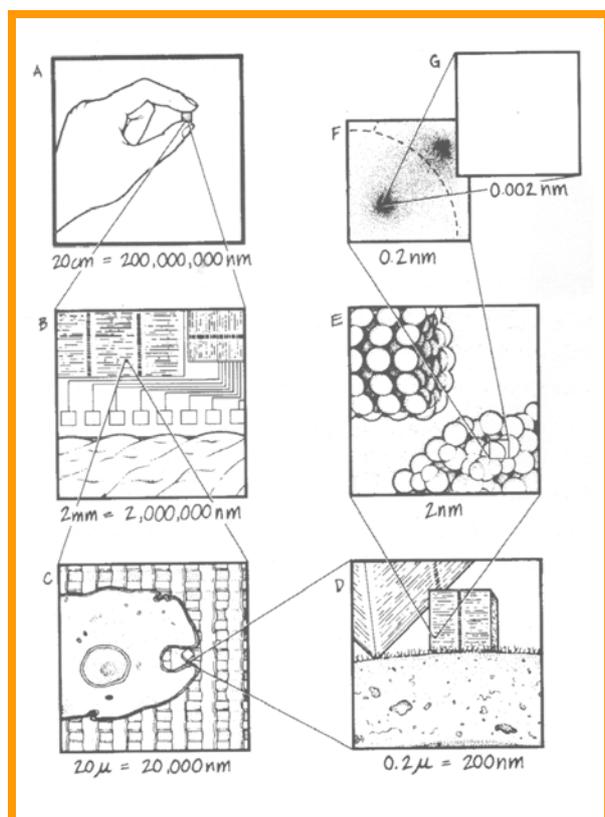


Fig. 3. A matéria às diferentes escalas microscópicas. (A) Uma mão segura um chip de computador. (B) O chip ampliado 100 vezes. (C) Ampliação de 100 vezes mostrando uma célula viva sobre o chip. (D) Ampliação de 100 vezes mostrando dois nanocomputadores na parede da célula. (E) Ampliação de 100 vezes mostrando uma proteína (canto inferior direito) e um dispositivo molecular artificial (canto superior esquerdo), que poderá ser uma peça do nanocomputador do quadro D. (F) Ampliação de 10 vezes mostrando dois átomos da proteína com as respectivas nuvens electrónicas. (G) Nova ampliação de 100 vezes mostrando o núcleo do átomo como um ponto [2].

AS ARTES DA SIMULAÇÃO

O desenvolvimento das nanotecnologias repousa sobre a possibilidade de utilizar as propriedades da matéria à escala nanométrica tão bem descritas pela Mecânica Quântica. A Física e a Química Computacional, em particular a simulação e modelação molecular, desempenharão um papel muito importante nesta revolução tecnológica. Com a simulação molecular é possível prever comportamentos de sistemas moleculares e do estado sólido que seria difícil de obter por outros meios.

A simulação molecular permitiu, por exemplo, o estudo e desenvolvimento dos nanotubos de carbono através referidos (Fig. 4). Estas estruturas nanométricas com aplicações na electrónica foram teoricamente previstas, tendo o

seu comportamento sido analisado por simulações. Os nanotubos são estruturas cilíndricas de átomos de carbono aproximadamente 10000 vezes mais finos do que um cabelo humano [5].

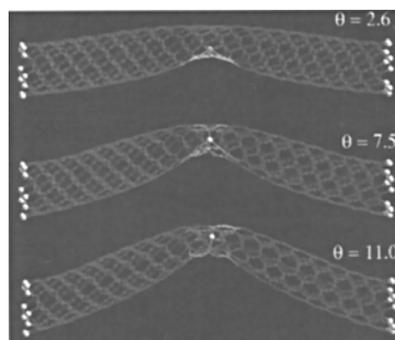


Fig. 4. Simulação de nanotubos dobrados no meio. Trata-se de estruturas cilíndricas de átomos de carbono aproximadamente 10000 vezes mais finas do que um cabelo humano [5].

Um destes dias iremos buscar ao mundo material apenas os átomos avulsos para depois os reunir para os fins que pretendemos. Uma das esperanças da nanotecnologia é a construção de materiais compostos, que são materiais constituídos por agregados de átomos que o computador pode simular. Novos materiais artificiais construídos desta maneira prometem ter propriedades únicas: para dar um exemplo sugestivo, podemos querer um material que seja transparente como o vidro mas tão duro como o alumínio... Esta é uma nova engenharia à escala atómica, à escala de Lilliput, que é apenas remanescente da engenharia macroscópica, à escala de Gulliver. Juntar-se-ão átomos como quem junta tijolos. Far-se-ão nanomateriais como quem ergue uma parede.

REFERÊNCIAS

- [1] Freeman Dyson, "O Sol, o Genoma e a Internet", Temas e Debates, Lisboa, 2000.
- [2] K. Eric Drexler, Chris Peterson e Gayle Pergamit, "Unbonding the Future – The Nanotechnology Revolution", William Morrow and Company Inc., New York, 1991.
- [3] Richard Feynman, There's plenty of room at the bottom, Engineering and Science, 23, 1960.
- [4] www.almaden.ibm.com/almaden/projects.html
- [5] www.accelrys.com