

Pesquisadores desenvolvem novo método de fabricação de nanocanais

Artigo sobre trabalho é publicado na revista inglesa Nanotechnology

ISABEL GARDENAL
bel@unicamp.br

Desenvolver um novo método de fabricação de nanocanais e medir os complexos mecanismos de transporte que atuam neles. Estas foram as principais contribuições do Grupo de Nanoestruturas e Interfaces, coordenado pelo professor titular do Instituto de Física “Gleb Wataghin” (IFGW) Omar Teschke, no artigo recentemente publicado na revista inglesa *Nanotechnology*, de alto impacto na área. Assinam o trabalho, além de Teschke, o aluno de pós-graduação do IFGW Juracyr Valente e a professora Elizabeth Fatima de Souza, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas). Financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a pesquisa descreve nanocanais desenvolvidos por meio de varreduras em condensados de água. Nanocanais são normalmente utilizados na separação de compostos de acordo com o seu tamanho.

Em geral, em nanoestruturas feitas de tubos de carbono, comenta o físico que é ligado ao Departamento de Física Aplicada, é muito difícil encontrar um método específico para medir como o escoamento do fluido evolui no tempo e qual a sua distribuição dentro dele. “O que fizemos foi, ao invés de usar um nanotubo de carbono, criar uma estrutura de nanocanais feita ao ar, usando um microscópio de força atômica (AFM). Fizemos uma varredura em cima da mica, um mineral antes utilizado como isolante no ferro de passar roupa.” A vantagem de usar a mica, explica Teschke, é que se trata de uma superfície plana e com ela é possível produzir uma superfície limpa,

bastando para isso “descamá-la”.

Com o experimento, inicialmente verificou-se a relevância do efeito Kelvin – teoria formulada pelo físico inglês Lord Kelvin – que descreve o que ocorre numa estrutura rugosa de pequenas dimensões (micrometros) por onde se escoar um fluido; as moléculas vão sair dos locais convexos para irem aos locais côncavos. No entanto, se as dimensões do tubo são muito pequenas, não vai haver escoamento.

Segundo Teschke, o que existe na área são pesquisadores atuando em simulações e modelos teóricos. “Nós medimos e mostramos que esse efeito que estava sendo aplicado não era significativo. A limitação é que, se a dimensão do tubo for muito menor que o livre caminho médio do vapor, ou do gás, não existe realmente o transporte. Então o fluido não vai escoar e não poderá ser utilizado na microfluidica”.

O mecanismo que nivela o depósito de água é 10^4 vezes mais lento do que o calculado pela teoria. Para observar a estrutura da água, foi utilizado então o AFM, que possui resolução suficiente para visualizar moléculas de água condensada à superfície (a água condensa quando é uma camada muito fina), e é possível determinar inclusive qual é a estrutura do gelo, se hexagonal ou cúbica.” (Veja figura abaixo).

Ilustração: Divulgação

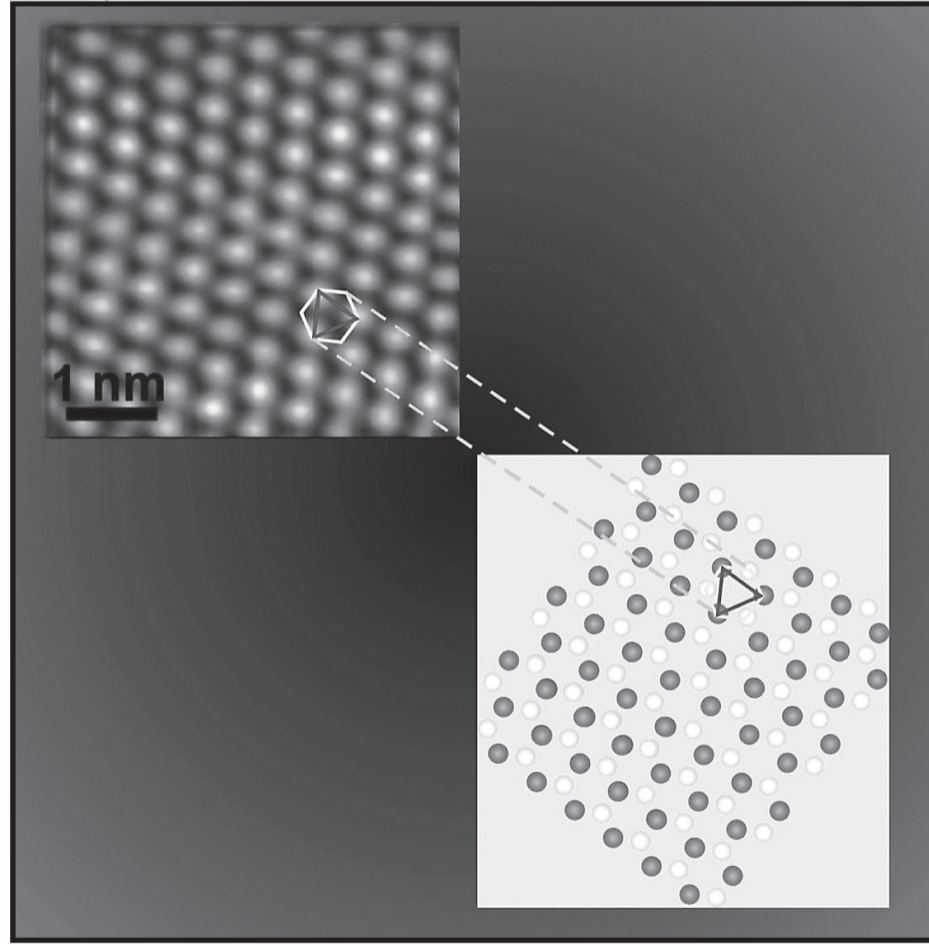
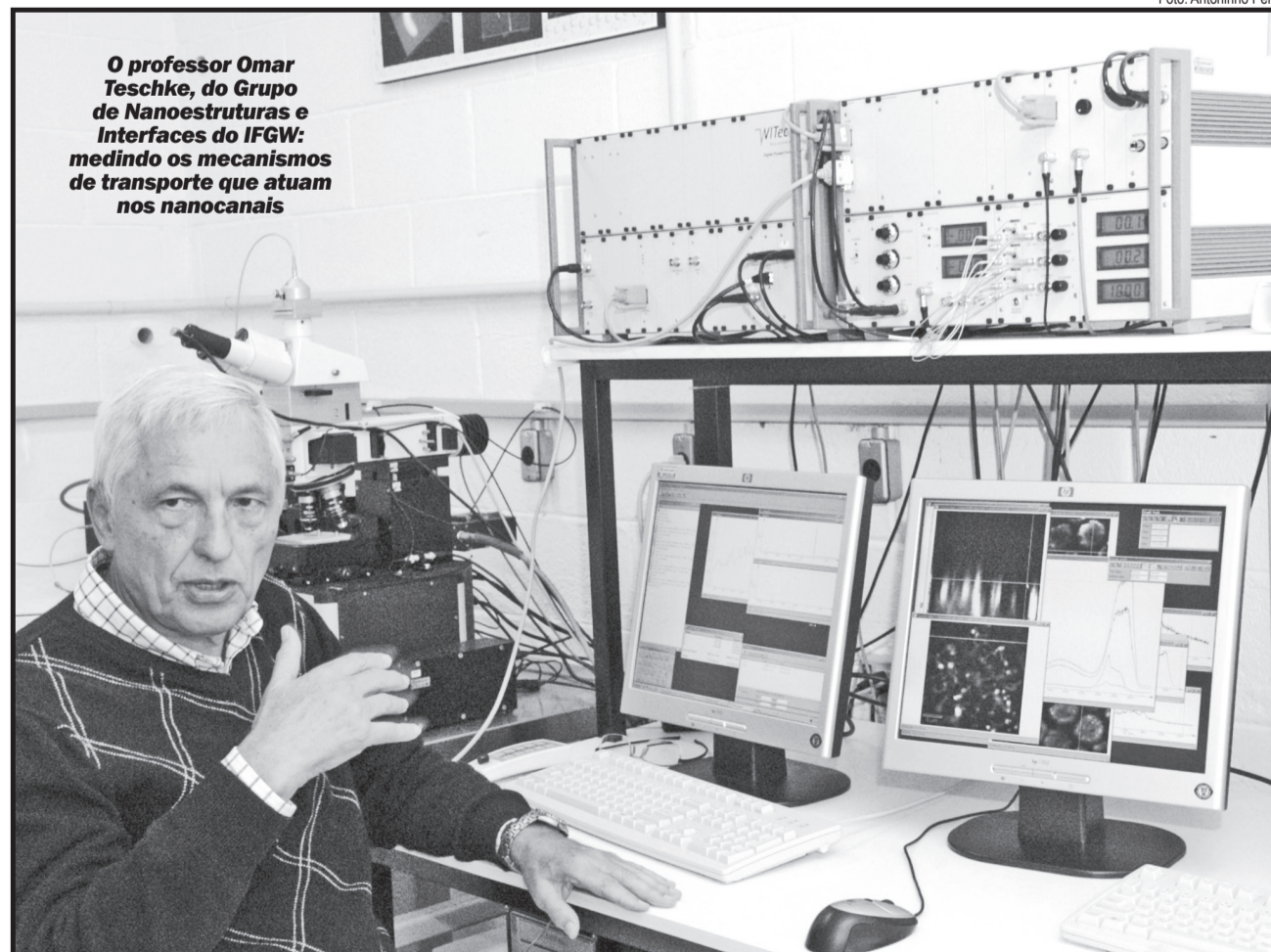


Foto: Antoninho Perri



O professor Omar Teschke, do Grupo de Nanoestruturas e Interfaces do IFGW, medindo os mecanismos de transporte que atuam nos nanocanais

A princípio, o Grupo de Nanoestruturas e Interfaces observou que, quando se coloca a mica à temperatura ambiente de 25 graus e com umidade de 65 graus, a água se condensa em cima do material, não como água, porém como gelo, com uma espessura de alguns nanômetros (10^{-9} m). Este é um método fácil de fazer uma nanoestrutura, já que se trata de uma estrutura onde uma das dimensões é da ordem de nanômetros.

O próximo passo foi fazer uma série de nanocanais em cima dessa superfície de gelo, já que se pretendia verificar como evolui tal estrutura. Usando um AFM, varreu-se a superfície com uma ponta de nitreto de silício (chamada *tip*), com dimensões ultrafinas (de 5 nanômetros), desenhando-se ranhuras separadas e formando um padrão. Um programa faz o *tip* se deslocar da direita para a esquerda, voltar, descer alguns nanômetros e assim fabricar um padrão. O resultado foi que se viabilizou uma série de ranhuras, com uma dimensão de nanômetros. Esta foi a primeira parte do trabalho, relata Omar Teschke, “formar nanoestruturas de uma maneira relativamente fácil” – a outra maneira de desenvolver o processo seria empregando nanolitografia, um processo mais complexo.

Feito o padrão, os pesquisadores

do Grupo partiram para averiguar como foi a sua evolução, isto é, a sua evolução no tempo. O desafio seria determinar que mecanismos relevantes atuariam na camada de água. Alguns trabalhos teóricos anteriores, em que foi estudado o escoamento de água dentro de um nanocanal, reforçava a ideia de que esse escoamento sofre uma forte influência da natureza da superfície, hidrofobicidade ou hidrofiliabilidade – a capacidade da superfície de repelir ou atrair água.

Ocorre que esses trabalhos não tinham valores experimentais para ajustar seus parâmetros. “Nós conseguimos isso olhando como é a evolução do perfil do canal no tempo e aí determinamos os mecanismos que atuam no processo. O que descobrimos foi que água, a uma espessura de alguns nanômetros, é sólida, não líquida. Então agora tínhamos um sólido e queríamos ver como ele evoluiu no tempo, como ele ‘escoava’”, contextualiza Teschke.

De acordo com ele, através do microscópio observou-se que as imagens vão se alargando e, assim, é possível perceber que existe algum mecanismo atuando localmente. “É um sólido que aparece estático, mas que está variando no tempo”, revela.

Para avaliar esse tempo, o grupo lançou mão de um novo método. O primeiro método com o qual se tentou fazer isso, afirma o professor, foi através do arranjo de nanocanais e depois realizando uma varredura a 90 graus para constatar como se comportava a superfície. O problema é que a passagem do *tip* alterava o formato do canal, pois o mesmo é “duro”, o gelo é relativamente “macio” e, além disso, está escoando. Um outro método consistiu em cobrir esse perfil com uma camada de metal e levando-o a um microscópio de transmissão para vários intervalos depois da fabricação.

Depois de algum tempo, os pesquisadores constataram que não era preciso proceder a uma nova varredura. Tinha uma maneira mais fácil de fazer isso, que consistia em utilizar a volta da varredura e medir o volume escoado para a região do canal. “Deste modo, pode-se determinar a evolução do perfil, já que observávamos o que era coletado na varredura da direita para a esquerda, lembrando-se que o canal é feito na varredura da esquerda para a direita.”

Após ainda um intervalo de tempo, as paredes do canal começavam a escoar. “Quando voltamos com a ponta no mesmo percurso, pudemos determinar quanto material estava ocupando o canal original. Medindo o seu volume, determinamos a constante de tempo que queríamos”, realça. “A imagem feita em microscópio dos depósitos à esquerda dos canais era registrada no computador no qual se consegue observar esses riscos ou ranhuras”, expõe Teschke.

Publicações

- Teschke, O.; Valente Filho, J.F.; Souza, E. Fatima. Drainage kinetics of nanochannels fabricated in water films a few molecules thick on mica at room temperature. *Nanotechnology*, 22:1-9, 2011.
- Teschke, O. Imaging ice-like structures formed on HOPG at room temperature. *Langmuir*, 26:16986-16990, 2010.
- Teschke, O.; Valente Filho, J.F.; Souza, E. Fatima. Imaging two-dimensional ice-like structures at room temperature. *Chemical Physics Letters*, 485:133-6, 2010.

Um equipamento de alta precisão

O microscópio de força atômica é um instrumento utilizado para medir forças da ordem de 10^{-12} Newtons. O principal componente desse microscópio é uma pequena ponta, geralmente de nitreto de silício, que está presa a uma microbalança. Cobrindo quimicamente a superfície dessa ponta com moléculas da substância que contém o grupo funcional que se pretende estudar, e aproximando-a da amostra com a qual deve interagir, é possível sondar forças de adesão entre grupos moleculares.

O AFM, lembra Teschke, foi uma aplicação do microscópio STM (*Scanning Tunneling Microscope*). Ele empregava um substrato metálico e uma ponta ultrafina, de alguns angstroms (10^{-10} m) de diâmetro, e varrendo-se uma superfície da direita para a esquerda era possível fazer um perfil da superfície que, combinado com perfis mais abaixo, formava uma imagem como num televisor. Resulta disso um arranjo periódico que reflete a estrutura atômica da superfície. O que se mediu originalmente foi a corrente que ali passava, intitulada *Tunneling*, que é medida no microscópio de varredura de tunelamento.

Na época em que Teschke estava fazendo o doutorado em Berkeley, já se começava a investigar esse microscópio. O problema estava nos *scanners*, dispositivos que deslocam o substrato a uma distância determinada, de 100 angstroms, por exemplo, voltando à posição original exatamente no mesmo ponto com precisão de 1 angstrom. Esse processo permite o mapeamento de átomos ou de moléculas em geral separadas por alguns angstroms.

Tanto se trabalhou nessa tecnologia que finalmente o pessoal da IBM Zurique conseguiu, na década de 1970, desenvolver bons *scanners* sem histerese (tendência de um material ou sistema de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou) e vibrações. Gerd Binnig e Heinrich Rohrer idealizaram os primeiros microscópios de tunelamento e, com isso, ganharam o Prêmio Nobel de Física em 1986. Depois seguiu-se um tipo de microscópio que detecta a força de atração ou de repulsão entre a ponta e o substrato. “É o AFM que adotamos no nosso trabalho e que foi desenvolvido na Universidade de Stanford, Califórnia, USA, por C.F. Quate, que o professor Teschke conheceu em Berkeley. O Grupo de Nanoestruturas e Interfaces atua há mais de 15 anos nesta direção, quando comprou o primeiro AFM da firma alemã Topometric GmbH, que prossegue em uso até o momento”.

Com os problemas tecnológicos resolvidos, hoje há uma safra de novos microscópios com os quais são feitas imagens utilizando outros efeitos, além da repulsão atômica e Corrente *Tunneling*.