

Polímeros condutores sob controle

Brasileiros dominam a nova área da tecnologia de materiais que comandou o Prêmio Nobel de Química de 2000

Cientistas brasileiros já dominam uma das áreas mais promissoras da tecnologia de materiais: a dos polímeros condutores e semicondutores, também chamados metais sintéticos. Esses plásticos que conduzem eletricidade – e cuja descoberta rendeu a três cientistas o Prêmio Nobel de Química de 2000 – estão destinados a tornar-se uma das principais matérias-primas de componentes de aparelhos e dispositivos eletrônicos.

Para desvendar seu potencial, um grupo de pesquisadores trabalha no projeto temático *Polianilina e Poli(p-Fenileno Vinileno) como Elementos Ativos de Dispositivos Eletrônicos e Optoeletrônicos*, financiado pela FAPESP. Coordenado por Roberto Mendonça Faria, do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP), o projeto tem participações da Escola Politécnica e da Faculdade de Ciências e Letras de Ribeirão Preto, ambas da USP.

O professor Faria pertence ao Grupo de Polímeros Bernhard Gross (GPBG), que há mais de 20 anos pesquisa as propriedades elétricas e físico-químicas de materiais poliméricos e, desde o início dos anos 90, estuda polímeros conjugados (condutores e semicondutores). O GPBG, que tem colaborado com um dos ganhadores do Nobel de Química de



2000 – o norte-americano Alan G. MacDiarmid, com quem Faria publicou trabalhos em conjunto –, domina desde a síntese desses polímeros eletrônicos até a fabricação de dispositivos (transistores, diodos emissores de luz, etc.), passando pela tecnologia de produção e caracterização de filmes orgânicos ultrafinos. Entre as possíveis aplicações desses dispositivos estão a fabricação das telas planas para televisores e monitores, em substituição ao centenário tubo de raios catódicos, e o uso de dispositivos orgânicos na medicina.

Química muda Física -

Até meados dos anos 70, ninguém ousaria dizer que algum composto orgânico fosse bom condutor de eletricidade. A descoberta que balançou conceitos do mundo da física da matéria condensada surgiu num laboratório de química. Os responsáveis pela guinada – os químicos Alan G. MacDiarmid, da Universidade da Pensilvânia (Estados Unidos), e Hideki Shirakawa, da Universidade de Tsukuba (Japão), mais o físico americano Alan J. Heeger, da Universidade de Santa Bárbara – receberam o Nobel de Química de 2000. “Uma prova de que a ciência não mora num único endereço”, lembra Adnei Melges Andrade, professor da Politécnica que participa do projeto.

A descoberta surgiu por acidente. O assistente chinês de Shirakawa fazia a síntese do poliacetileno, polímero simples formado por carbono e hidrogênio. Como não entendia bem o japonês do chefe, acabou errando ao seguir a rota dada por Shirakawa. Em vez do resultado esperado – um pó infusível –, o assistente produziu uma estranha película polimérica.

Intrigado com aquele material de brilho metálico, Shirakawa tratou de guardá-lo cuidadosamente. Tempos depois, não hesitou em mostrá-lo a

MacDiarmid, que estava de passagem pelo Japão. Começava ali uma parceria que resultaria numa nova linha de pesquisa, hoje seguida em muitos países. A convite de MacDiarmid, Shirakawa foi para a Pensilvânia e ambos, junto com Heeger, passaram a investigar as propriedades físico-químicas do poliacetileno.

Dopagem química - Ao desvendar o mistério daquela película, eles se viram diante de uma nova técnica, ca-



Produtos feitos com polímeros condutores: amplo leque de aplicações

paz de transformar um material originalmente isolante em excelente condutor de eletricidade.

Conhecida como dopagem química, essa técnica é bem simples: moléculas de ácido – chamadas moléculas dopantes – são injetadas no polímero e trocam cargas elétricas com as moléculas dele. “O método é reversível – isto é, pode-se dopar e desdopar o material –, o que permite total controle sobre o grau de condutividade que se quer conferir a ele”, explica Roberto Faria.

Há anos os polímeros condutores atraem os cientistas, que logo encontraram aplicações. A primeira delas foi o revestimento de um avião invisível aos radares – o caça norte-americano F-117 Stealth, usado na Guerra do Golfo. Outra foi a blindagem de equipamentos eletrônicos.

Ao contrário do que se pensava, não foi a alta condutividade, mas as propriedades semicondutoras – obtidas pela interrupção do processo de

dopagem logo na fase inicial – que aumentaram o potencial de mercado desses polímeros. Pelas propriedades optoeletrônicas – conduzem eletricidade e também emitem luz se estimulados por corrente elétrica ou radiação luminosa –, prometem ser as estrelas da eletrônica do século 21.

Arco-íris - O objetivo maior é, com o apoio de empresas de tecnologia, implantar um protótipo de linha de produção dos dispositivos nos laboratórios envolvidos. Os pesquisadores já dominam todo o processo de síntese e fabricação dos filmes poliméricos ultrafinos. Outra etapa das pesquisas, coordenada por Adnei Andrade, está no laboratório de microeletrônica da Politécnica: parte da confecção e caracterização de dispositivos como transistores, diodos e células solares.

O projeto tem três etapas. A primeira é a produção das películas, que começa na síntese dos polímeros, coordenada pela química Débora Tereza Balogh. Ela trabalha com o polímero básico poliparafenileno, que é submetido às reações químicas necessárias para tornar-se mais ou menos condutor. É também por substituições químicas que ele adquire várias cores, conforme a escolha dos grupos laterais às cadeias.

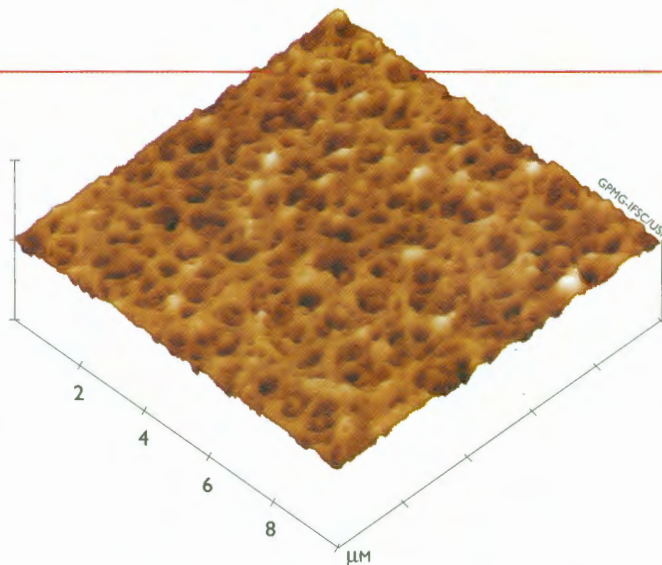
Diluída em solvente num tubo de ensaio, a matéria-prima já mostra um bonito efeito luminescente: basta acender uma luz ou passar uma corrente elétrica para que o líquido brilhe como uma lâmpada. Isso acontece porque a estrutura dos materiais semicondutores poliméricos contém “centros” onde os portadores, positivos e negativos, ficam “localizados”. Nesses “centros” há uma recombinação entre os portadores negativos (elétrons) e os positivos (buracos), num processo chamado transição eletrônica. Essa transição resulta na

liberação de energia em forma de luz. As cores emitidas – vermelho, laranja, amarelo e azul – variam conforme o polímero fabricado ou o derivado a partir de grupos laterais substituídos.

No laboratório de química do GPBG, alunos de mestrado e doutorado pesquisam novos produtos e novas rotas de síntese com o objetivo de obter o máximo de cores do arco-íris.

Finíssimo e asséptico - Depois da síntese, vem a confecção do filme. Há vários métodos para isso. Nos laboratórios do GPBG estão disponíveis desde métodos de produção de filmes de estrutura desordenada até aqueles cuja estrutura tem alto grau de ordenamento molecular. O mais sofisticado é o método Langmuir-Blodgett, que permite fazer filmes da espessura de uma camada molecular – isto é, de alguns nanômetros ou milionésimos de milímetro. Essa espessura monomolecular já é suficiente para conferir ao material as propriedades optoeletrônicas desejadas.

Embora o trabalho exija caros equipamentos de ponta – uma cuba Langmuir-Blodgett com seus acessórios pode custar até US\$ 60 mil –, a produção segue um princípio sim-



Mistura de polímeros emissores de luz vista em microscópio de força atômica: produção de película finíssima

ples. Em contato com a água, o polímero diluído se espalha pela superfície numa fina película, como óleo em suspensão. O equipamento permite controlar todas as condições necessárias à formação do filme, bem como suas dimensões. Então a película é transferida para um substrato – lâmina de vidro ou outro material que permita adesão perfeita –, condição essencial para as etapas seguintes.

Para dar certo, essa operação delicada tem de ser feita em ambiente totalmente controlado. Não fosse pelos equipamentos, a “sala limpa”, como é chamado o laboratório, seria confun-

dida com um centro cirúrgico. “A água usada nas cubas é superpurificada e qualquer ‘poeirinha’ pode comprometer o trabalho de um dia inteiro”, explica José Alberto Giacometti, pesquisador do GPBG. Por isso, os cientistas trabalham devidamente paramentados, com macacão, capuz, máscara e pantufas.

Exames e produtos - Os filmes produzidos passam então por uma batelada de exames. A estrutura molecular é caracterizada no laboratório de microscopia do GPBG,

equipado com microscópios eletrônico (SEM) e de força atômica (AFM), que chegam a ter a resolução de 0,1 nanômetro. Também se fazem estudos ópticos dos materiais, coordenados pelo especialista em fotoluminescência Francisco E. G. Guimarães, e pesquisas sobre suas propriedades magnéticas no laboratório de Carlos F. O. Graeff, na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto.

Então, a película está pronta para o uso na produção dos dispositivos, que é feita em colaboração com a Es-

TVs e computadores menores

Os pesquisadores do GPBG destacam muitas aplicações para os polímeros semicondutores. Por serem capazes de converter eletricidade em luz sem gerar calor – é a chamada luz fria –, são ideais para dispositivos luminosos de advertência como os chamados LEDs (*light emitting diodes*, ou diodos emissores de luz), usados em painéis de instrumentação de carros, por exemplo. “Melhorando sua eficiência na emissão de



luz, esses materiais poderão ser usados até mesmo na iluminação de áreas maiores, substituindo as atuais lâmpadas”, assegura Faria.

Outro campo de aplicação é a pintura: no lugar das resinas poliméricas comuns, as tintas conteriam

resinas luminescentes, por exemplo. “Dessa forma, pode-se obter uma pintura de parede que emita luz”, acrescenta o pesquisador.

Maleáveis, os polímeros podem ser injetados, soprados ou usados como revestimento na forma das pelícu-



Giacometti, Débora e o coordenador Faria: perto da produção comercial

cola Politécnica, onde o físico Adnei Andrade coordena o trabalho. Especializado em engenharia elétrica com trabalhos publicados em revistas internacionais, Andrade já construiu vários dispositivos emissores de luz (LEDs), transistores por efeito de campo e diodos fotovoltaicos.

O desenvolvimento desses dispositivos ajuda os pesquisadores a entender melhor os mecanismos eletrônicos envolvidos, para poder otimizá-los. Mas esse *know-how*, principalmente para a confecção de *displays*, tem grande chance de gerar um produto comercial, assegura Andrade.

O PROJETO

Polianilina e Poli(p-Fenileno Vinileno) como Elementos Ativos de Dispositivos Eletrônicos e Optoeletrônicos

MODALIDADE

Projeto temático

COORDENADOR

ROBERTO MENDONÇA FARIA - Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo

INVESTIMENTO

R\$ 150.000,00 e US\$ 110.000,00

Muitas publicações - Nos últimos cinco anos, o GPBG produziu cerca de 50 artigos internacionais sobre polímeros condutores e semicondutores, além de trabalhos em congressos e simpósios. Na última Conferência Internacional sobre Ciência e Tecnologia de Metais Sintéticos (*International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals*), reunida em julho na cidade austríaca de Badgastein, cerca de 30 dos mil trabalhos foram de brasileiros, dos quais 20 eram do GPBG.

“O Brasil já não passa despercebido no cenário internacional”, destaca Faria. Tanto que, numa dessas conferências, há cerca de dez anos, travou-se uma estreita colaboração entre o GPBG e MacDiarmid. A primeira visita de Faria à Universidade da Pensilvânia, em 1990, foi fundamental para a parceria que resultou na publicação de vários trabalhos. O último deles, que envolveu o doutoramento de José Eduardo Albuquerque e a participação de mais dois brasileiros – Luiz Henrique Mattoso e Débora Terezinha Balogh –, foi fundamental para a seqüência das pesquisas do grupo sobre polianilinas.

Diretamente orientado por MacDiarmid, o então doutorando Luiz Mattoso trouxe ao Brasil o método de síntese das polianilinas, que substituíram com vantagens os polímeros usados até então. Mais estáveis em contato com o meio ambiente, as polianilinas são mais facilmente sintetizadas e processadas.

Na visita que MacDiarmid fez aos laboratórios do IFSC, Faria confirmou a impressão que tinha do cientista: “Um homem com uma energia e uma capacidade de trabalho fora do comum. Com isso consegue tirar o máximo de seus alunos e deixá-los sempre exaustos, mas é sempre tão gentil que ninguém consegue negar um pedido seu”, completa. •

las ou filmes ultrafinos, que são justamente o foco da pesquisa do GPBG.

Essas películas também são estudadas para a fabricação das telas planas de televisores, que permitem transformar os aparelhos numa espécie de quadro, que se pendura na parede.

Ainda há obstáculos para tornar esses televisores comercialmente viáveis: a definição e a velocidade da imagem, mas Faria lembra que grandes empresas do setor investem em pesquisas para superar isso. Um exemplo é a Dupont, uma das maiores na área de polímeros, que com-

prou a Uniax – empresa criada por Heeger a partir da Universidade de Santa Bárbara – para produzir LEDs e telas planas. A Philips também está comprando uma empresa gerada na Universidade de Cambridge (Inglaterra) e a Sony investe em produtos originados na Universidade de Nagóia (Japão).

Como desdobramento disso, também os computadores devem ficar bem menos volumosos e mais baratos: as telas planas deverão baratear o preço dos monitores, que hoje compõem cerca de 50% do custo dos micros. Já os *notebooks* seriam

aperfeiçoados, com a eliminação do efeito inconveniente da emissão de luz direta, que faz com que se perca o foco da imagem conforme o ângulo de visão. Outra aplicação importante são os visores ou *displays*, como os de telefones celulares.

E a medicina já prevê importantes avanços com base nos polímeros, que se prestam à fabricação de implantes como os marcapassos ou à reconstituição de músculos que perderam a capacidade de movimento. “Como são materiais orgânicos, eles oferecem menos riscos de rejeição”, conclui Faria.