

Ponte de elétrons

Utilização de grafeno duplica a produção de eletricidade em biocélulas a combustível

Marcos de Oliveira

O grafeno pode duplicar a produção de energia elétrica em biocélulas a combustível, como demonstrou um grupo de pesquisadores do Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal do ABC (Ufabc), em Santo André, na Região Metropolitana de São Paulo. Descoberto em 2004 por Andre Geim e Konstantin Novoselov, da Universidade de Manchester, na Inglaterra, o grafeno, além de render o Prêmio Nobel de Física aos dois pesquisadores pelos experimentos realizados, provocou uma corrida mundial em busca da utilização desse novo material caracterizado por ser uma folha de carbono com espessura atômica e detentor de propriedades elétricas, mecânicas e ópticas.

Os pesquisadores brasileiros, sob a liderança do professor Frank Crespilho, do IQSC-USP, mostraram no artigo de capa da edição de setembro da revista *Physical Chemistry Chemical Physics* que folhas de óxido de grafeno presas em fibras flexíveis de carbono facilitam a transferência de elétrons em biocélulas a combustível, dispositivos que convertem energia química em energia elétrica com a ajuda de enzimas e podem ter como combustível, por exemplo, a glicose existente no sangue para suprir de eletricidade marca-passos ou dispensadores subcutâneos de medicamentos. As biocélulas são uma fonte de energia alternativa

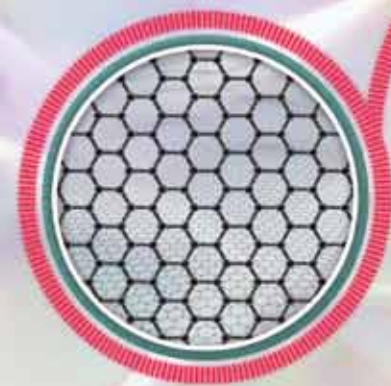
ainda restrita a laboratórios. As biocélulas desenvolvidas em São Carlos são semelhantes a baterias e possuem dois eletrodos de fibra de carbono flexível, o cátodo, o polo positivo, e o ânodo, negativo. Elas são uma das mais recentes novidades em estudos no campo das fontes energéticas. Uma das opções de combustível para esse dispositivo é o uso da garapa, o caldo de cana repleto de açúcares.

As biocélulas podem ter tamanho microscópico ou serem maiores, do tamanho de pequenas caixas plásticas que podem receber a garapa para gerar eletricidade e recarregar baterias de celulares, *tablets* ou até *notebooks*. Uma célula pode fornecer uma tensão elétrica um pouco maior que 1,0 volt (uma pilha do tipo AA, por exemplo, tem 1,5 volt). O grupo de Crespilho já trabalha com esses equipamentos desde 2010 (*ver Pesquisa FAPESP n.ºs 182 e 205*). Pensando em melhorar o desempenho elétrico desses dispositivos, os pesquisadores colocaram folhas de óxido de grafeno entre o eletrodo e a enzima glicose oxidase. Com isso, a transferência de elétrons para a célula aumentou em pelo menos duas vezes, o que representa o dobro de produção de eletricidade.

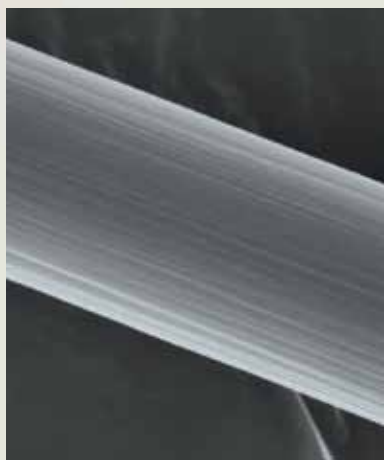
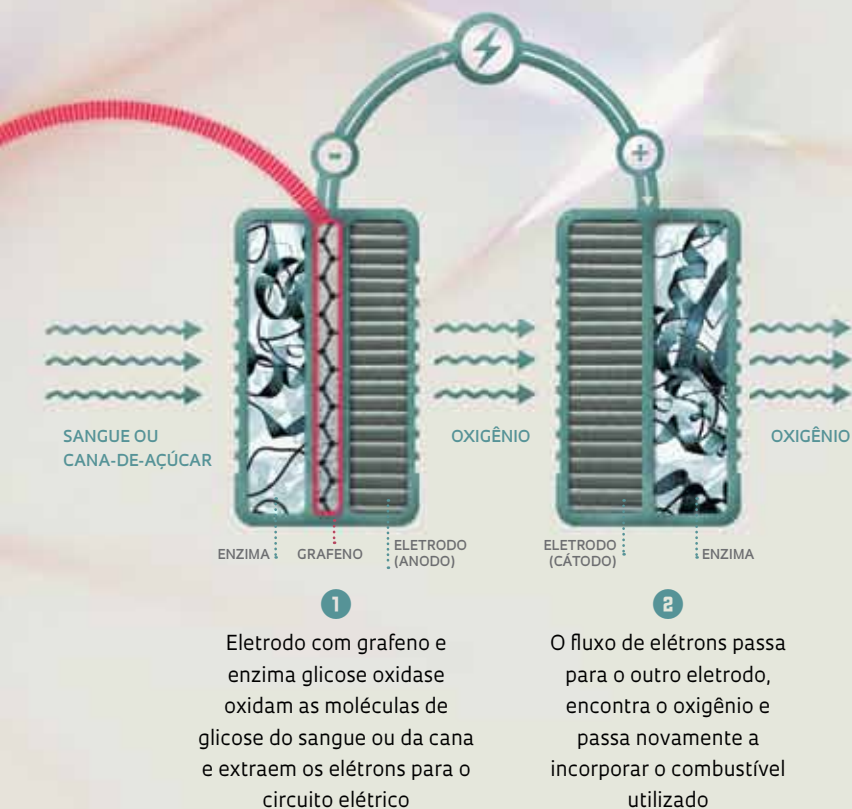
O processo de liberação de elétrons ocorre pela oxidação da glicose, que acontece na superfície do ânodo, onde é colocada a enzima glicose oxidase produzida a partir do fungo *Aspergillus niger*. Com isso, os elétrons são transferidos para a

Transferência energética

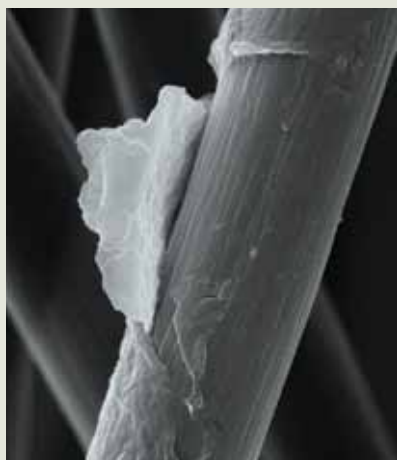
Equipamento semelhante a uma bateria automotiva converte energia química em elétrica



Representação gráfica do grafeno: uma folha com átomos de carbono em formato hexagonal



À esquerda, fibra flexível de carbono utilizada nos eletrodos. Ao lado, fibra de carbono é esfoliada para produção



superfície do eletrodo da biocélula que os utiliza como eletricidade. Esse fluxo de elétrons passa para o outro eletrodo, o cátodo, onde o oxigênio é reduzido. O processo conhecido como oxirredução se refere à oxidação (perda de elétrons) da glicose e redução (ganho de elétrons) do oxigênio, ambos dissolvidos no sangue.

A presença do grafeno transforma-se numa espécie de ponte ao diminuir a distância entre o centro da enzima e a superfície dos eletrodos de carbono, facilitando a passagem dos elétrons. “Já mostramos que ele funciona melhor que os nanotubos de carbono porque aproveita melhor as

propriedades da enzima. Recentes estudos mostraram ainda que os nanotubos podem degradar a glicose oxidase, o que não acontece quando usamos grafeno”, diz. Crespilho, que atualmente passa um período como professor visitante no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech). “Estou num projeto que visa compreender como o DNA e outras biomoléculas, como proteínas, interagem com a superfície de outros materiais no aspecto de transferência de carga elétrica”, conta. “A ideia é fortalecer essa área em São Carlos e aplicar no futuro esses conhecimentos em bioeletrônica molecular.”

INFRAESTRUTURA DA ALEMANHA

Além do óxido de grafeno em fibras flexíveis, Crespilho aguarda a construção de uma biocélula a combustível com folhas individuais de grafeno que um aluno seu do IQSC está montando no Instituto Max Planck, na Alemanha. “Deverá ser a biocélula mais fina já construída”, diz Crespilho. “Ainda não temos no Brasil toda a infraestrutura para fazer esse dispositivo, que deverá ter dois eletrodos com a espessura de menos de um nanômetro (equivalente a um milímetro dividido por um milhão)”, diz. Por isso, o doutorando Rodrigo Iost, com bolsa da FAPESP, vai tentar montar até o fim do ano essa nova biocélula. “Tivemos no ano passado um projeto temático [financiado pela FAPESP durante quatro anos] aprovado sob a coordenação do professor Osvaldo Novais, do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP. Esse projeto vai melhorar a nossa infraestrutura e vai permitir a produção de novos filmes nanoestruturados para aplicação biológica. Aí conseguiremos construir os biodispositivos e vamos aplicá-los não só em biocélulas, como também em aparelhos bioeletrônicos implantáveis”, diz Crespilho. O projeto em bioeletrônica molecular desenvolvido pelo grupo é também vinculado ao Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica (Ineo-INCT), com sede no IFSC em São Carlos. ■

Projetos

1. Interação entre biomoléculas e sistemas celulares com nanoestruturas OD, 1D e 2D utilizando métodos eletroquímicos (nº 2009/15558-1); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Frank Crespilho (USP); **Investimento** R\$ 92.262,80 e US\$ 50.821,57 (FAPESP).
2. Estudo Bioeletroquímico de enzimas oxidoredutases imobilizadas em nanomateriais do tipo 1D e 2D (2013/15433-0); **Modalidade** Bolsa no Exterior – Regular – Estágio de Pesquisa – Doutorado; **Pesquisador Responsável** Frank Crespilho (USP); **Bolsista** Rodrigo Iost (USP); **Investimento** R\$ 93.415,01 (FAPESP).
3. Filmes nanoestruturados de materiais de interesse biológico (nº 2013/14262-7); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador Responsável** Osvaldo Novais (USP); **Investimento** R\$ 1.150.950,14 (FAPESP).

Artigo científico

MARTINS, M.V. A. *et al.* Evidence of short-range electron transfer of a redox enzyme on graphene oxide electrodes. *Physical Chemistry Chemical Physics*. v. 16 n. 33 p. 17349–18044. set. 2014.