

## Avaliação do efeito da presença de nanotubos de carbono em eletrodos compósitos: CV e EIS.

Sidney Xavier dos Santos<sup>1</sup> (PG)\*, Éder Tadeu Gomes Cavalheiro<sup>1</sup> (PQ), Christopher M.A. Brett<sup>2</sup> (PQ).  
cavalheiro@iqsc.usp.br

<sup>1</sup> Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Química, Universidade de Coimbra - 3004-535 - Coimbra, Portugal.

Palavras Chave: nanotubos de carbono, propranolol, eletrodo compósito.

### Introdução

Desde sua descoberta em 1991, por Iijima [1], os nanotubos de carbono (CNT) têm atraído grande interesse devido às suas propriedades únicas [2]. Os CNT são nanoestruturas constituídas de folhas de grafeno com arranjo hexagonal de átomos de carbono  $sp^2$ , organizadas sob a forma de cilindros, com diâmetros da ordem de nanômetros e comprimentos de micrômetros. Combinam grande área superficial, condutividade, estabilidade química e significativa resistência mecânica.

Um eletrodo compósito à base de nanotubos de carbono de parede múltipla (MWCNT) e borracha de silicone (SR) 70% (MWCNT,  $m/m$ ) foi desenvolvido. O efeito da adição de grafite aos MWCNT foi investigado. Voltametria cíclica (CV) e espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) foram utilizadas na caracterização do eletrodo em diferentes composições usando soluções de  $5,0 \text{ mmol L}^{-1} \text{ K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  em  $\text{KCl } 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ .

### Resultados e Discussão

Antes da preparação dos eletrodos, os MWCNT foram submetidos à temperatura de  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  por 30 min, depois foram tratados em uma mistura de  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$  (7:3), com o objetivo de remover resíduos metálicos provenientes do processo de produção e também ativar a sua superfície [3].

Observou-se uma melhora na resposta dos eletrodos compósitos quando os MWCNT foram tratados quimicamente. O eletrodo feito com MWCNT sem tratamento apresentou picos alargados, com altos valores de  $\Delta E_p$  e baixo valor de  $I_p$ . Com os eletrodos contendo MWCNT tratados, foi possível observar um aumento na eletroatividade, com picos bem definidos (menor valor de  $\Delta E_p$  e maior  $I_p$ ), melhores que os obtidos com o eletrodo de grafite e borracha de silicone 70% (grafite,  $m/m$ ) (GSR).

Utilizando CV, verificou-se que a presença de MWCNT na composição do material compósito melhora a resposta obtida, verificada pelo aumento nas correntes de pico e pela diminuição da separação entre os potenciais de pico. Essa

melhora foi proporcional à quantidade de MWCNT presente no compósito (Tabela 1).

**Tabela 1:** Resultados obtidos para diferentes eletrodos compósitos em  $5,0 \text{ mmol L}^{-1} \text{ K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  em  $\text{KCl } 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $v = 50 \text{ mV s}^{-1}$

MWCNT/G/SR* / %	$I_{pa} / \mu\text{A}$	$I_{pc} / \mu\text{A}$	$\Delta E_p / \text{mV}$
70/0/30	71.5	-72.1	82
52.5/17.5/30	67.7	-67.7	97
35/35/30	62.2	-62.7	112
17.5/52.5/30	53.9	-54.4	167
0/70/30	47.0	-48.9	221

\* MWCNT = nanotubos de carbono de parede múltipla;  
G = grafite;  
SR = borracha de silicone.

Utilizando a EIS os diagramas no plano complexo apresentaram, em todos os eletrodos, duas regiões distintas. Nas regiões das altas frequências, foram observados semicírculos relacionados a processos de transferência de carga e em baixas frequências, uma região linear característica de reação controlada somente por difusão.

Os diâmetros dos semicírculos observados em altas frequências no plano complexo fornecem os valores de resistência à transferência de carga ( $R_{ct}$ ). Estes valores foram inversamente proporcionais à quantidade de MWCNT presentes no material compósito. Isso indica que a transferência eletrônica foi facilitada pela presença dos MWCNT, concordando com resultados obtidos pelos experimentos de CV.

### Conclusões

A presença de MWCNT na composição dos eletrodos proporciona significativa melhora na resposta dos eletrodos, demonstrados pelo aumento na corrente de pico e diminuição do  $\Delta E_p$  em CV e diminuição da  $R_{ct}$  em EIS.

### Agradecimentos

CAPES-FCT, FAPESP (08/03537-7)

<sup>1</sup> Iijima S., *Nature* **1991**, 354, 56-58.

<sup>2</sup> Wang J., *Electroanalysis* **2005**, 17, 7-14.

<sup>3</sup> Lin X. Q., He J. B., Zha Z. G., *Sensors and Actuators B*, **2006**, 119, 608-614.