



Desenvolvimento de supercapacitores híbridos empregando compósitos de CuO/rGO

Maria R. B. Aguiar¹(G)*; Danielle D. Justino^{1,3}(PQ); Gustavo R. Andrade¹(G); Felipe da S. Medeiros¹(PG); Marcelo F. Oliveira^{1,3}(G); Iuri D. Ferreira³(G); Garbas A. S. Junios³(PQ); João P. C. Trigueiro⁴(PQ); Paulo F. R. Ortega³(PQ); Rodrigo L. Lavall^{1,2}(PQ).

¹Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

²Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno, CTNano/UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

³Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, Brasil

⁴Departamento de Química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG, Brasil
email: mariarba@ufmg.br; garbas.junior@ufv.br; joao.trigueiro@cefetmg.br; p-aulo.ortega@ufv.br; rodrigo.lavall@qui.ufmg.br

RESUMO

Este estudo apresenta o desenvolvimento de eletrodos baseados em compósitos de óxido de grafeno reduzido (rGO) e óxido de cobre (CuO) visando aplicação em supercapacitores híbridos (supercapaterias). O óxido CuO foi sintetizado por via úmida utilizando CTAB como surfactante. Para a produção dos compósitos, foram empregadas suspensões de rGO em CTAB. A caracterização eletroquímica dos eletrodos foi conduzida em configuração de célula de três eletrodos em células T tipo Swagelok. Os materiais obtidos apresentaram capacitâncias específicas em torno de 10 F/g (CuO puro) e 60 F/g (compósitos), evidenciando o potencial desses sistemas para aplicação em dispositivos de armazenamento de energia e para o avanço de estudos envolvendo materiais híbridos.

Palavras-chave: supercapaterias, óxido de cobre, óxido de grafeno reduzido, capacitância.

Introdução

Atualmente, os sistemas de armazenamento de energia conhecidos como supercapaterias (ou dispositivos híbridos bateria/supercapacitor) assumem papel estratégico no avanço do setor de mobilidade. A concepção desses dispositivos baseia-se na integração de eletrodos faradaicos com eletrodos de dupla camada elétrica, buscando aliar alta densidade de energia à elevada densidade de potência.

Apesar de algumas supercapaterias comercialmente disponíveis apresentarem significativa capacidade de armazenamento de carga, seu desempenho ainda é inferior ao dos supercapacitores convencionais no que tange à densidade de potência e estabilidade com a ciclagem. A mitigação dessas limitações requer o desenvolvimento de eletrodos faradaicos capazes de operar eficientemente sob elevadas densidades de corrente.

Nesse contexto, o presente estudo propõe uma metodologia para a síntese de compósitos à base de óxido de grafeno reduzido (rGO) e óxido de cobre (CuO), direcionados à fabricação de eletrodos com potencial para aplicação em supercapacitores híbridos.

Experimental

Síntese dos materiais e preparo dos compósitos

A síntese do óxido de cobre (CuO) foi realizada por via úmida,

com a utilização de um surfactante catiônico (CTAB) como agente estruturante. No procedimento experimental, uma solução aquosa contendo íons Cu^{2+} foi submetida à agitação, seguida da adição controlada de solução de NaOH até atingir pH 10, promovendo a precipitação do hidróxido correspondente. Em seguida, o sistema reacional foi mantido sob refluxo a 110 °C por 5 horas. O material obtido foi lavado com etanol, seco e posteriormente calcinado a 200 °C pelo mesmo período. Para a obtenção dos compósitos, o mesmo procedimento foi empregado, com a utilização de suspensões de óxido de grafeno reduzido (rGO) em CTAB. Ambos os materiais foram caracterizados por difração de raios X.

Análise eletroquímica

A caracterização eletroquímica dos eletrodos foi conduzida em configuração de célula de três eletrodos em célula T tipo Swagelok. O eletrodo de trabalho foi preparado a partir da dispersão de uma mistura na proporção 9:0,5:0,5 de material ativo, negro de fumo (carbon black) e fluoreto de polivinilideno (PVDF). Utilizou-se grafite como contra eletrodo, um fio de prata como eletrodo de referência, membrana de fibra de vidro como separador e como eletrólito uma solução aquosa de KOH 1M.

As células foram caracterizadas por voltametria cíclica e ciclagem galvanostática de carga/descarga



Resultados e Discussão

Os difratogramas obtidos (Fig. 1) mostram que o CuO foi sintetizado na fase cristalina esperada independente da presença do rGO.

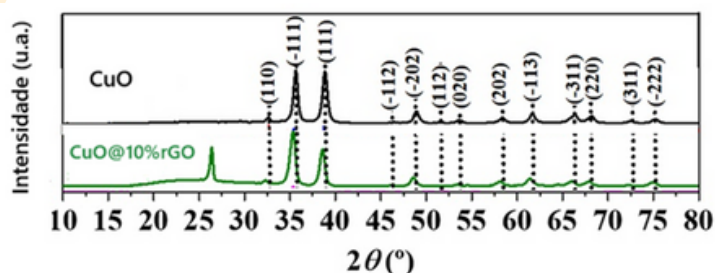


Figura 1. Difratoograma para as amostras CuO e CuO@10%rGO.

Para a caracterização dos eletrodos, a voltametria cíclica foi utilizada para estudar os processos redox nas células preparadas com os dois materiais em diferentes faixas de potencial. Na Fig. 2A são mostrados os voltamogramas cíclicos no intervalo de potencial de -0,85 a 0,25 V vs. Ag a 0,5 mV s⁻¹. O sinal anódico em torno de -0,4V corresponde a oxidação do Cu(0) a Cu⁺ e aquele a cerca de -0,1V a oxidação do Cu⁺ para Cu²⁺. Já o pico catódico por volta de -0,38V representa a redução do CuO (Cu²⁺ para Cu⁺) [1]. Os sinais mais intensos para o composto estão relacionados, entre outros fatores, a maior condutividade eletrônica nesse sistema devido ao rGO.

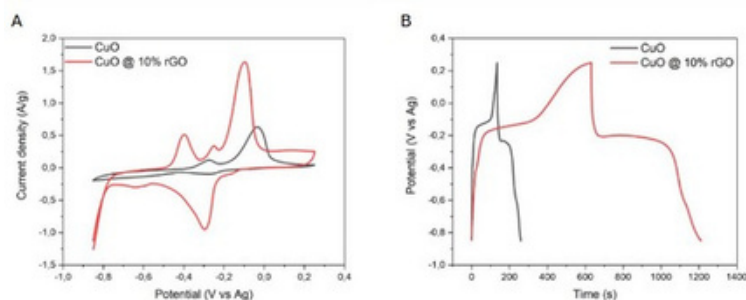


Figura 2. (A) Voltamogramas ciclicos a 0,5 mV s⁻¹ de CuO e CuO@10%rGO; (B) Curvas de C/D galvanostática a 0,1 A g⁻¹ para CuO e CuO@10%rGO.

Em seguida, os materiais foram caracterizados por C/D galvanostática na densidade de corrente de 0,1 A g⁻¹ para avaliação das propriedades eletroquímicas (Figura 2B). Os dados demonstram o desempenho superior da célula construída com o CuO@10%rGO. Capacidades específicas de 3 e 16 mA h g⁻¹, foram obtidas para o CuO e CuO@10%rGO.

Por fim, a Figura 3 traz informações acerca dos valores de capacitância em função de diferentes densidade de corrente para os dois materiais.

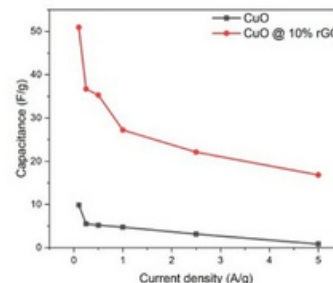


Figura 3. Curvas de capacidade em função da densidade de corrente obtidas para as células preparados com CuO e CuO@10%rGO.

É possível notar que o composto manteve desempenho elevado em diferentes densidades de corrente, confirmando que a formação do material híbrido otimizou significativamente as propriedades eletroquímicas do CuO.

Conclusões

A formação do composto contribuiu significativamente para a melhoria do desempenho eletroquímico do material. O rGO atua como condutor elétrico de alta eficiência, facilitando o transporte de elétrons na rede e melhorando a cinética dos processos redox do CuO. O sistema CuO incorporado a 10% de óxido de grafeno reduzido (CuO@10%rGO) apresentou uma capacitância específica de 16 mA h g⁻¹ a 0,1 A g⁻¹, valor aproximadamente 72% superior àquele observado para o CuO puro.

Agradecimentos

CNPq (Processo no.406535/2022-1) e FAPEMIG.

Referências

1. W. Z. Teo; A. Ambrosi; M. Pumera, *Electrochemistry Communications*, 2013, 28, 51-53