

DESENVOLVIMENTO DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO PARA APLICAÇÕES COMO SUPERCAPACITORES

GUILHERME KURZ MARON¹; LUCAS DA SILVA RODRIGUES²; VERIDIANA
GEHRKE²; NEFTALI LENIN VILLARREAL CARREÑO³

¹Universidade Federal de Pelotas – g_maron@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – lucasdasilva.r@icloud.com

²Universidade Federal de Pelotas – veridianagehrke@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – neftali@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia, ainda baseada em combustíveis fósseis, está causando impactos ambientais irreversíveis e, recentemente, a busca por novas soluções envolvendo desenvolvimento de dispositivos de armazenamento, conversão e geração de energia vem crescendo exponencialmente. Devido à isso, pesquisas focadas no desenvolvimento de dispositivos eletroquímicos capazes de armazenar e converter energia de forma eficiente e utilizando fontes sustentáveis tornaram-se fundamentais e vem sendo realizadas por grupos de pesquisa no mundo todo (FOO et al., 2016; ZHENG et al., 2015)

Dentro deste conceito, o desenvolvimento de supercapacitores (SC) vem ganhando destaque. Estes dispositivos são capazes de armazenar energia e liberá-la de forma controlada, porém se diferenciam quando comparados com baterias devido a características como ciclos rápidos de carga e descarga com alta densidade de energia, longa durabilidade e configurações de montagem mais simples. Nos supercapacitores, a energia pode ser armazenada através de dois mecanismos: o primeiro, denominado capacitor elétrico de dupla camada (EDCL, *electric double layer capacitor*) onde a energia é armazenada através das cargas presentes na interface eletrodo/eletrólito. No segundo mecanismo, chamado pseudocapacitor (PC), a energia é armazenada devido às reações faradaicas que ocorrem na superfície do material (ZHANG; ZHOU; ZHAO, 2009). Materiais que possuem sua estrutura baseada em carbono normalmente apresentam o mecanismo de armazenamento de dupla camada elétrica e inúmeros estudos vem sendo desenvolvidos buscando o melhor desempenho destes materiais. O uso de óxido de grafeno reduzido (rGO, *reduced graphene oxide*) e nanotubos de carbono (CNT, *carbon nanotubes*) como materiais que compõem eletrodos de SC se tornam excelentes alternativas devido às suas boas propriedades elétricas, como boa condutividade e mobilidade iônica, além de boa resistência química e possibilidade de se realizar modificações em sua estrutura (DE VOLDER, MICHAEL F. L. SAMEH H. TAWFICK et al., 2013; HAMMOND et al., 2016).

Com isso, este trabalho tem como objetivo o estudo das propriedades eletroquímicas de dois materiais que tem estrutura baseada em carbono, visando sua aplicação como supercapacitores: (i) um nanocomposito 3 D no formato de esponja de óxido de grafeno reduzido e nanotubos de carbono (rGO/MWCNTf) e (ii) uma estrutura do tipo *yarn* de nanotubos de carbono e óxido de grafeno reduzido.

2. METODOLOGIA

Os nanotubos de carbono de parede múltipla (diâmetro entre 6-9 nm e 5 μm comprimento) foram comprados da Sigma-Aldrich, a floresta de nanotubos de carbono utilizada para confecção dos yarns foi cedida pela Lintec of America e o grafite (pureza 98 %) foi comprado da Synth.

A obtenção da esponja de rGO/MWCNTf foi baseada e uma redução química, realizada através da adição de ácido ascórbico em uma solução contendo rGO obtido pelo método de Hummers e nanotubos de carbono funcionalizados quimicamente igualmente à trabalhos já publicados pelo grupo de pesquisa Novonano, seguindo o método de Goyanes adaptado (GOYANES et al., 2007; HUMMERS; OFFEMAN, 1958; MARON et al., 2017). A obtenção dos *yarns* foi realizada utilizando a metodologia descrita por (CHOI et al., 2018).

A caracterização das amostras foi feita através de microscopia óptica e de transmissão e medidas eletroquímicas de carga e descarga galvanostática em célula de dois eletrodos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentadas a microscopia eletrônica de transmissão da esponja de rGO/MWCNTf e a imagem óptica do yarn de CNT. Estes materiais foram caracterizados quimicamente, estruturalmente e fisicamente, além de estarem sendo testados como eletrodos de supercapacitores e os resultados preliminares estão expostos na Figura 2.

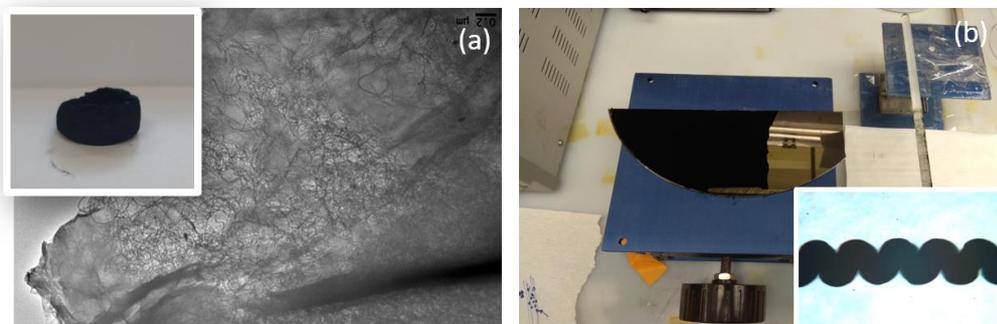


Figura 1 : (a) Microscopia eletrônica de transmissão da esponja de rGO/MWCNTf e a imagem da esponja; (b) floresta de NTC utilizada para confecção dos *yarns* e microscopia óptica do yarn de CNT.

Na Figura 2 podem ser observadas as curvas de carga e descarga galvanostática para as amostras de rGO puro e do rGO modificado com nanotubos de carbono, numa proporção equivalente a 10 % em peso de MWCNTf. Pode ser visto que a adição de CNT melhora significativamente o desempenho do dispositivo, com o maior valor de capacitância específica sendo $79 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$ para a corrente de 1 mA, comparado com $29 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$ para o rGO puro. Além disso, também pode ser notado uma significativa variação no formato da curva, onde a amostra contendo CNTs apresenta um perfil mais triangular, comportamento típico de um supercapacitor EDLC (ZHOU et al., 2018).

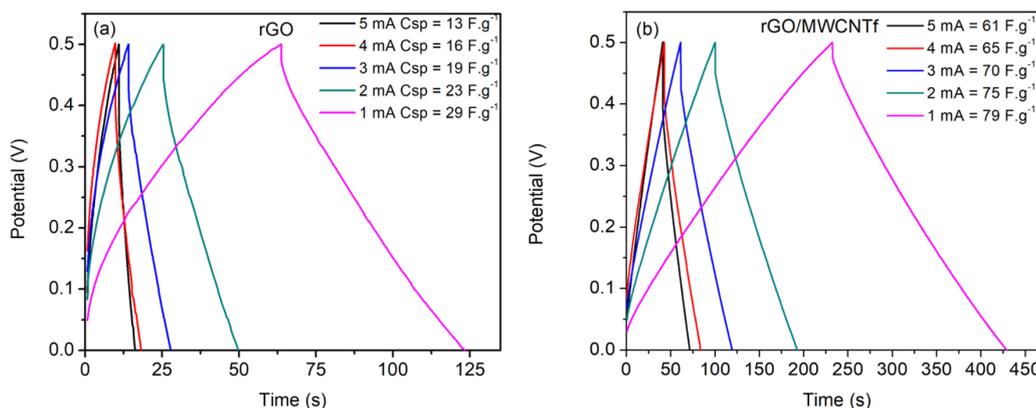


Figura 2 curvas de carga e descarga galvanostática do (a) rGO puro e (b) da esponja de rGO/MWCNTf para correntes de 5, 4, 3, 2 e 1 mA.

4. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados se mostram promissores para o desenvolvimento de novos materiais a base de carbono para serem aplicados como eletrodos para supercapacitores. A utilização de rGO e nanotubos de carbono já vêm sendo estudadas nos últimos anos e alternativas ainda precisam ser criadas para aplicação em tais dispositivos. Visando o aumento do potencial de aplicação destes materiais neste campo energético, modificações nestes materiais utilizando óxidos e sulfetos que apresentam características de pseudocapacitores se mostram como as melhores alternativas para desenvolvimento de pesquisas na área de dispositivos de armazenamento de energia. Com isso, mais estudos estão sendo realizados para encontrar a melhor combinação de materiais a ser obtida para obtenção de um supercapacitor que apresente altos valores de capacitância e densidade de energia e potência, associado a maior vida útil e estabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Finance Code 001 e o Nanotech Institute da University of Texas at Dallas, USA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOI, C. et al. Weavable asymmetric carbon nanotube yarn supercapacitor for electronic textiles. **RSC Advances**, v. 8, n. 24, p. 13112–13120, 2018.
- DE VOLDER, MICHAEL F. L. SAMEH H. TAWFICK, R. H. B. AND et al. Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications. **Science**, v. 339, n. 6119, p. 535–539, 2013.
- FOO, C. Y. et al. High-performance supercapacitor based on three-dimensional hierarchical rGO/nickel cobaltite nanostructures as electrode materials. **Journal of Physical Chemistry C**, v. 120, n. 38, p. 21202–21210, 2016.
- GOYANES, S. et al. Carboxylation treatment of multiwalled carbon nanotubes monitored by infrared and ultraviolet spectroscopies and scanning probe microscopy. **Diamond and Related Materials**, v. 16, n. 2, p. 412–417, 2007.
- HAMMOND, J. L. et al. Electrochemical biosensors and nanobiosensors. **Essays in biochemistry**, v. 60, n. 1, p. 69–80, 2016.

- HUMMERS, W. S.; OFFEMAN, R. E. Preparation of Graphitic Oxide. **Journal of the American Chemical Society**, v. 80, n. 6, p. 1339–1339, 1958.
- MARON, G. K. et al. Carbon fiber/epoxy composites: effect of zinc sulphide coated carbon nanotube on thermal and mechanical properties. **Polymer Bulletin**, v. 75, n. 4, p. 1619–1633, 2017.
- ZHANG, L. L.; ZHOU, R.; ZHAO, X. S. Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. **Journal of Materials Chemistry**, v. 38, n. 29, p. 2520–2531, 2009.
- ZHENG, Q. et al. Cellulose nanofibril/reduced graphene oxide/carbon nanotube hybrid aerogels for highly flexible and all-solid-state supercapacitors. **ACS Applied Materials and Interfaces**, v. 7, n. 5, p. 3263–3271, 2015.
- ZHOU, Y. et al. High-performance symmetric supercapacitors based on carbon nanotube/graphite nanofiber nanocomposites. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–7, 2018.