

DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA BASEADO EM CELULOSE E GRAFENO OBTIDO POR INDUÇÃO À LASER

**LUCAS DA SILVA RODRIGUES¹; BRUNO DA SILVEIRA NOREMBERG²;
VERIDIANA GEHRKE²; GUILHERME KURZ MARON²;
ANDERSON THESING³; NEFTALÍ LENIN VILLARREAL CARREÑO⁴**

¹*Universidade Federal de Pelotas – lucasdasilva.r@icloud.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – bnoreemberg@gmail.com;
veridianagehrke@gmail.com; g_maron@hotmail.com*

³*Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – adnthesing@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – neftali@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário de crescimento populacional e econômico, discussão dos efeitos do aquecimento global no clima e de substituição dos combustíveis fósseis, tem-se discutido a importância de pesquisas voltadas a diversificação da matriz energética e formas mais eficientes de se armazenar energia (MUZAFFAR et al., 2019; ZUO et al., 2017). Dentre os meios disponíveis para se armazenar energia, podemos destacar os supercapacitores, dispositivos que preenchem a lacuna entre capacitores convencionais e as baterias, aplicados atualmente em carros elétricos, na indústria e em alguns sistemas de distribuição de energia (WINTER; BRODD, 2004).

No campo dos supercapacitores, alguns materiais se destacam como óxidos metálicos, polímeros condutores e materiais a base de carbono (GONZÁLEZ et al., 2016). O Grafeno, por sua vez, material amplamente utilizado na literatura, como em BÉGUIN et al., (2014) e ZHANG; ZHAO (2009) se destaca dentre outras características devido a sua elevada condutividade e área superficial.

Compósitos de celulose com outros materiais a base de carbono como nanotubos já foram explorados pela literatura e pelo grupo de pesquisa em NOREMBERG et al., 2017, 2019 assim, para expandir o leque de novas possibilidades de aplicação, insere-se neste contexto o grafeno obtido por indução a laser (GIL), rota de síntese que apresenta uma maneira rápida e de baixo custo para se obter um grafeno com boas propriedades elétricas e estruturais.

Neste trabalho se propõe a obter um compósito de celulose com grafeno obtido via indução por laser e avaliar as suas propriedades elétricas, visando a aplicação como dispositivo de armazenamento de energia.

2. METODOLOGIA

Materiais

Carboximetilcelulose sal sódico (CMC) e ácido sulfúrico (H₂SO₄, 98%) que foram adquiridos da Synth. Fita de poli-imida (PI) (Kapton®). Polpa de celulose de eucalipto, doada gentilmente pela Celulose Riograndense. 1-n-Butil-3-metilimidazólio bis (trifluormetanossulfonil) imida ([Bmim][NTf₂]) preparado conforme descrito por CASSOL; EBELING; FERRERA (2006) e cedido pelo Prof. Jair Dupont (IQ-UFRGS).

Obtenção do Grafeno

Para a preparação do grafeno, foi aplicada uma camada de fita de PI em uma lâmina de vidro utilizada neste caso como substrato, que seguidamente foram

tratadas em laser de CO₂ (Visutec VS3020) em potências de gravação, fixando a velocidade de gravação em 100mm/s.

Após isso, as amostras foram submetidas a Espectroscopia Raman ($\lambda = 632,8\text{nm}$, 10mW, Olympus BH-2) e a medidas de resistência de 4 eletrodos (Keysight DAQ 34970A) a fim de determinar a qualidade estrutural e resistência de folha do grafeno obtido.

Preparação do papel

Inicialmente 25mg do grafeno obtido na etapa anterior foi adicionado em 50ml de água destilada e disperso utilizando banho ultrassônico ($u = 25\text{ kHz}$, Ultronique Q3.8/25A) por 30mim, em seguida foram adicionados 50ml de água destilada, 1,25ml de H₂SO₄ e 100mg de polpa de celulose. A solução resultante foi agitada à 85 °C por 3 horas, seguida novamente de banho ultrassônico à 50°C por 3 horas.

Posteriormente, a dispersão foi filtrada, lavada e neutralizada. A pasta resultante foi adicionada em 25ml de água destilada e adicionado 25mg de CMC, a nova solução foi então novamente dispersa utilizando um banho ultrassônico por 30 minutos para formar a dispersão final.

Para a formação do papel a solução foi colocada uma placa de petri de poliestireno e seca em estufa a 50°C por 24h.

Caracterizações

Para avaliar as características físicas e morfológicas dos filmes de grafeno e do papel obtido, foram utilizadas as seguintes técnicas, Microscopia eletrônica de varredura (MEV, Shimadzu SSX-550).

Em relação às medidas eletroquímicas utilizou-se um potenciostato (IVIUM Compacstat.e) e uma unidade de fonte e medida (Keithley SMU 2651A) em uma célula eletroquímica de dois eletrodos, confeccionada pelo grupo de pesquisa e descrita em (MARON et al., 2020).

Utilizou-se como separador uma membrana polimérica Celgard 3501 e 200 μL de [Bmin][NTf₂] como eletrólito, foram empregadas as técnicas de voltametria cíclica (CV), espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e carga-descarga galvanostática (CDG).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados da espectroscopia Ramam, nas potências analisadas segundo a figura 1(a) e os respectivos cálculos empregados nas intensidades das bandas D(1350cm^{-1}) e G (1583cm^{-1}) expressos na figura 1(b), além dos valores obtidos de resistência de folha dos filmes formados, indicam que a potência de 3,52W apresenta a melhor qualidade e condutividade.

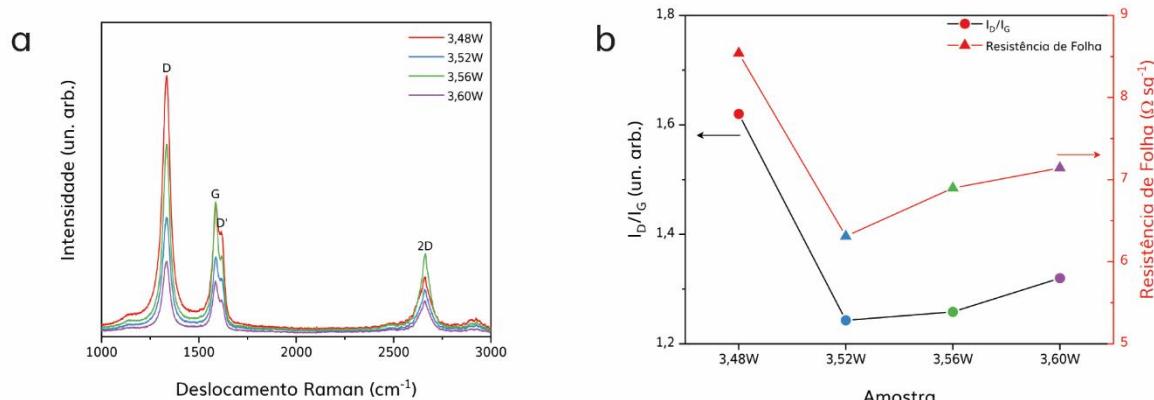


Figura 01 – a) Espectros Raman das amostras de GIL preparadas em diferentes potências. b) Relação entre as intensidades das bandas D e G versus a resistência de folha das amostras.

Com base nos resultados da figura 2, o nosso dispositivo apresentou um comportamento dentro do esperado, a ausência de picos de oxidação e redução na figura 2 (a) indica que o armazenamento de energia se dá por meio da formação da dupla camada elétrica na superfície do material. Já na figura 2 (c) podemos observar um comportamento simétrico em relação aos tempos de carga e descarga do material, o que é mais próximo do comportamento ideal, principalmente em maiores densidades de energia, além da baixa resistência interna e boa difusão do eletrólito no eletrodo, características que podem ser visualizadas a partir das regiões de baixa e média frequência do diagrama de nyquist na figura 2 (d) (ALANO et al., 2019; MARON et al., 2020; SILVA et al., 2019; THESING et al., 2019).

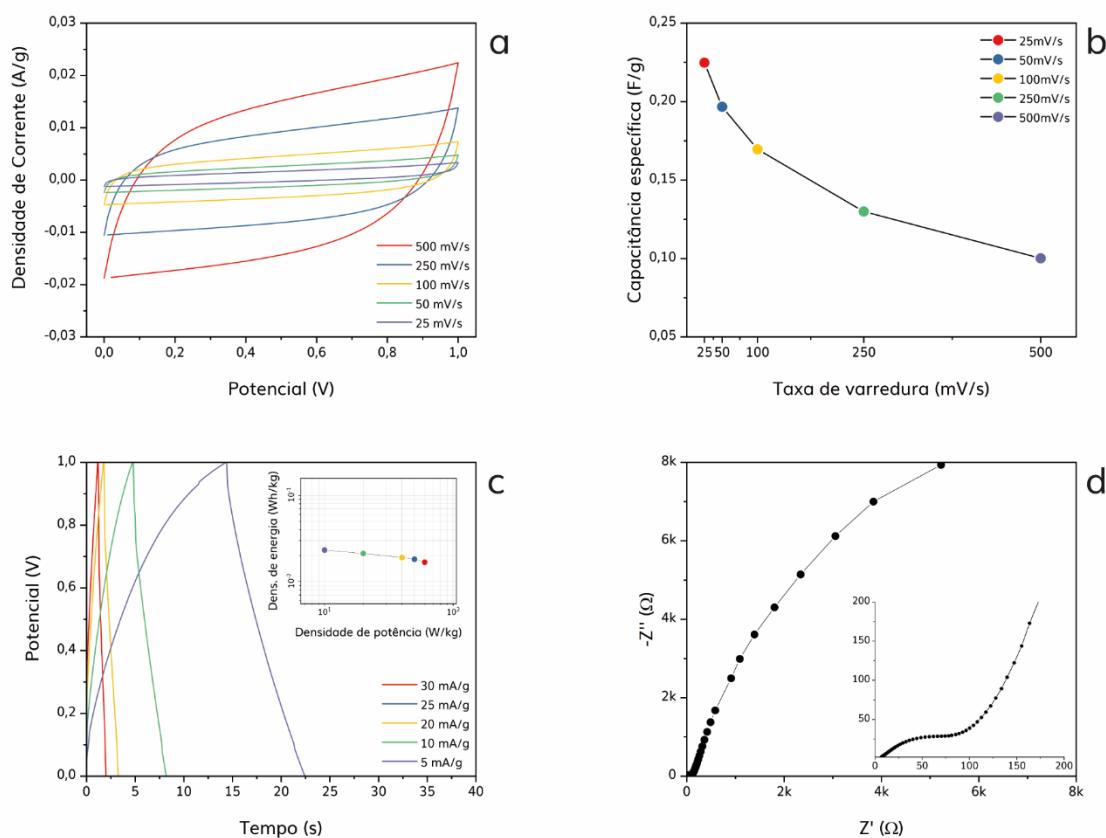


Figura 02 – a) Voltamogramas cíclicos do dispositivo em diferentes taxas de varredura. b) Capacitância específica em função da taxa de varredura. c) Curvas de carga e descarga em diferentes densidades de corrente e o respectivo diagrama de Ragone. d) Diagrama de Nyquist do dispositivo.

4. CONCLUSÕES

Até o presente momento o trabalho tem se mostrado promissor, os resultados preliminares indicam um bom comportamento eletroquímico do material.

Em etapas futuras pretende-se explorar diferentes proporções entre celulose e grafeno, a adição de cargas com intuito de elevar a capacidade de armazenamento de energia, além de caracterizar a morfologia, área superficial do material como também a interação entre a celulose e o grafeno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALANO, J. H. et al. A Simple and Complete Supercapacitor Characterization System Using a Programmable Sourcemeter. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 11, n. 2, 2019.

BÉGUIN, F. et al. Carbons and electrolytes for advanced supercapacitors. **Advanced Materials**, v. 26, n. 14, p. 2219–2251, 2014.

GONZÁLEZ, A. et al. Review on supercapacitors: Technologies and materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1189–1206, 2016.

MARON, G. K. et al. Electrochemical supercapacitors based on 3D nanocomposites of reduced graphene oxide/carbon nanotube and ZnS. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 836, 2020.

MUZAFFAR, A. et al. A review on recent advances in hybrid supercapacitors: Design, fabrication and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 123–145, 2019.

NOREMBERG, B. S. et al. From banana stem to conductive paper: A capacitive electrode and gas sensor. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 240, p. 459–467, 2017.

NOREMBERG, B. S. et al. Renewable supercapacitors based on cellulose/carbon nanotubes/[Bmim][NTf₂] ionic liquid. **MRS Communications**, p. 1–4, 2019.

SILVA, R. M. et al. Microwave-assisted hydrothermal synthesis and electrochemical characterization of niobium pentoxide/carbon nanotubes composites. **Journal of Materials Research**, v. 34, n. 4, p. 592–599, 2019.

THESING, A. et al. Tunable graphene oxide inter-sheet distance to obtain graphene oxide-silver nanoparticle hybrids. **New Journal of Chemistry**, v. 43, n. 3, p. 1285–1290, 2019.

WINTER, M.; BRODD, R. J. What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? **Chemical Reviews**, v. 104, n. 10, p. 4245–4269, 2004.

ZHANG, L. L.; ZHAO, X. S. Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. **Chemical Society Reviews**, 2009.

ZUO, W. et al. Battery-Supercapacitor Hybrid Devices: Recent Progress and Future Prospects. **Advanced Science**, v. 4, n. 7, p. 1–21, 2017.