

INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO A LASER NO DESEMPENHO DE ELETRODOS A BASE DE CARVÃO ATIVADO

EDUARDA VITORIA MORAIS¹; GUILHERME KURZ MARON²; IHURI DOS SANTOS AIRES³; NEFTALÍ LENIN VILLARREAL CARREÑO⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – eduarda.avm@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – g_maron@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – ihuridossantos@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – nlv.carreno@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se do papel significativo que materiais à base de carbono possuem e suas variadas aplicações, como eletrodos ativos para supercapacitores, baterias, sensores eletroquímicos e atuadores. Por exemplo, o grafite ainda é o material mais utilizado nos ânodos das baterias de íons de lítio (LIBs), enquanto o carvão ativado poroso (CA) é o material preferido para capacitores elétricos de dupla camada (EDLCs) (ATHANASIOU et al., 2022). Entre os dispositivos de armazenamento de energia, os supercapacitores têm recebido uma atenção significativa, principalmente devido às suas excelentes propriedades eletroquímicas, como alta densidade de potência, carga/descarga rápida e longa vida útil. Eles podem ser classificados de acordo com o seu mecanismo de armazenamento, assim podendo ser um capacitor elétrico de dupla camada (EDLC) ou pseudocapacitor (PC) (GAO, et al., 2016). Para dispositivos que apresentam o mecanismo EDLC, a energia é armazenada eletrostaticamente na interface do eletrodo, enquanto para PC, o armazenamento de energia se dá através de processos faradáicos rápidos e reversíveis na superfície do material (POONAM, 2019).

Existem diversas abordagens para síntese e melhoramento do desempenho de materiais a base de carbono, em sua maioria envolvendo pirólise e ativação química através do uso de reagentes (AKHAVAN et al., 2014; RUAN et al., 2011). Os processos pirolíticos tradicionais são vantajosos quando necessário grandes volumes de grafeno e nenhuma exigência específica de padronização, como no caso de composições para reforço estrutural de materiais poliméricos (BRESSI et al., 2023). Diante disso, novas abordagens para o aperfeiçoamento do grafeno estão sendo pesquisadas, assim sendo em 2014, Lin et al relataram o surgimento de um novo procedimento de fabricação de grafeno através de filmes de poliimida (PI) convertidos em uma estrutura de carbono porosa 3D composta por folhas de grafeno desordenadas quando irradiadas por um laser (IR). Essa transformação ocorre por meio de um processo fotoquímico e fototérmico de etapa única na superfície da poliimida, que é um material com alto teor de carbonos aromáticos. A alta temperatura localizada gera uma redução na quantidade de N e O e os átomos de carbono sofrem recombinação em uma estrutura gráfica (LIN et al., 2014; JAYAN et al., 2023).

Assim sendo, a busca por estratégias para modificar as propriedades dos carvões ativos é um caminho potencialmente atrativo, visando essa linha de interesse, esse trabalho buscou investigar e estudar possíveis modificações na estrutura de um carvão ativo comercial por meio da utilização de um processo de irradiação por laser de CO₂.

2. METODOLOGIA

Para estudar o desempenho eletroquímico dos CAs foram realizados testes na configuração de dois eletrodos através da confecção de duas células supercapacitoras (SCs). Diante disso, utilizou-se substratos de aço inoxidável com uma área de trabalho delimitada em 1cm^2 . Para cada célula preparou-se dois eletrodos e uma solução contendo 10mg de CA comercial, 1mL de álcool etílico absoluto e 10 μL de Nafion dispersos em banho ultrassônico. Em seguida a solução foi despejada sobre a superfície ativa dos eletrodos através do método *drop casting* e mantidos em estufa a 50°C por 24h. Logo após a secagem em estufa, separou-se um par de eletrodos com a amostra que não sofreria indução a laser e outro com a amostra que sofreria indução a laser, sendo denominadas CA e CAL respectivamente. Nessa etapa utilizou-se um laser de CO_2 em uma potência de 3W e velocidade de varredura de 100mm.s. Posteriormente montou-se as células de forma simétrica, cada uma contendo cerca de 10mg total de massa, um separador de papel (porosidade de 25 μm) e como eletrólito aplicou-se uma solução de H_2SO_4 1M.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o desempenho dos carvões ativados preparados foram realizadas medições de voltametria cíclica (CV) e carga e descarga galvanostática (GCD). Os gráficos de caráter típico de CV para as amostras CA e CAL em uma faixa de potencial de 0 e 0,6V e varredura variando de 5 a 50 mV.s^{-1} são mostrados na Figura 1. Para taxas de varredura menores (5 mV.s^{-1} e 10 mV.s^{-1}) nos gráficos (a) e (b) nota-se que as curvas exibem uma forma mais retangular indicando a formação do mecanismo elétrico de dupla camada formado na interface eletrodo-eletrólito, ao aumentar as taxas de varredura para valores maiores que 10 mVs pode-se observar um comportamento resistivo, indicado por uma inclinação gradual na qual se desvia o perfil retangular típico das curvas, o que pode ser atribuído a uma menor difusão de íons do eletrólito na superfície dos eletrodos, aumentando a resistividade. No gráfico da imagem (c) comparou-se as amostras de CA e CAL em uma mesma taxa de varredura, pode-se observar nitidamente que a área da amostra CAL aumentou significativamente, sugerindo uma melhora em seu desempenho após sofrer indução a laser.

Para a avaliação por GCD os eletrodos foram testados em diferentes densidades de corrente como mostra a Figura 2. Em (a) e (b) temos as amostras CA e CAL apresentando curvas em um formato triangular quase simétrica demonstrando uma reversibilidade eletroquímica através dos processos de carga-descarga, o que é considerado ideal para esse mecanismo de armazenamento (GHERKE, et al., 2020). Na imagem (c) temos a comparação das amostras CA e CAL em uma mesma densidade de corrente, observou-se que a amostra CAL apresenta um maior tempo de descarga, sendo assim um forte indicativo do melhoramento de seu desempenho como supercapacitor, o que está de acordo com os resultados de CV.

Figura 1. Voltametria cíclica para carvões ativados; (a) e (b) curvas de CV para a amostra CA e CAL em diferentes taxas de varredura respectivamente; (c) comparação de ambas as amostras em uma mesma taxa de varredura.

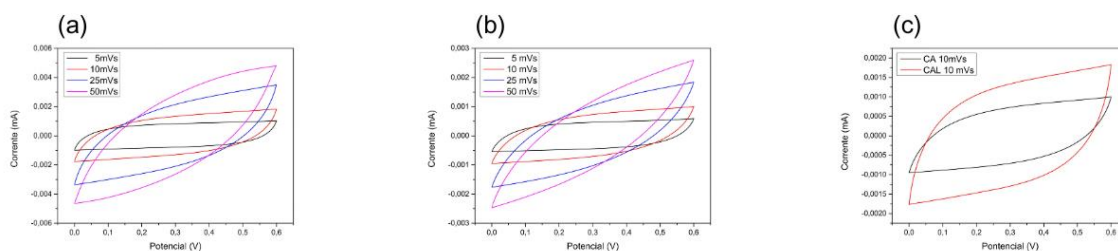
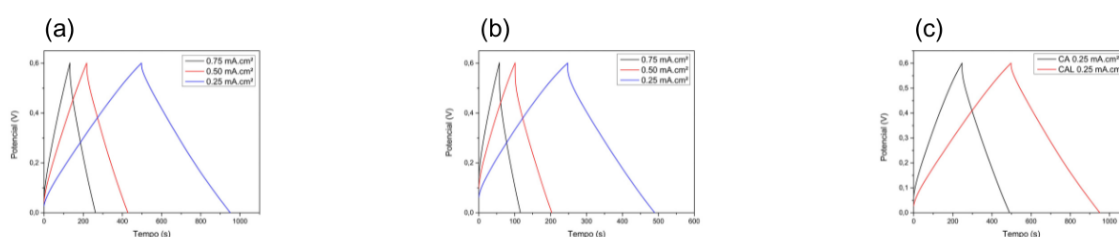


Figura 2. Carga/descarga galvanostática; (a) e (b) diferentes densidades de corrente para as amostras CA e CAL respectivamente; (c) comparação entre as amostras com a mesma densidade de corrente aplicada.



4. CONCLUSÕES

Utilizando-se um carvão ativado comercial como fonte de carbono por meio de uma metodologia simples de preparo, demonstrou-se claramente a efetividade da influência do laser para melhoramento do desempenho capacitivo. Esses resultados positivos mostrados podem estar atrelados a um aumento de sítios eletroquimicamente que já eram existentes na superfície do CA, assim sendo os responsáveis por promover uma contribuição para o aumento da densidade de energia armazenada, demonstrando um melhoramento no desempenho dos eletrodos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHAVAN, O. et al. Synthesis of graphene from natural and industrial carbonaceous wastes. **RSC ADVANCES**, 4, 20441, 2014.

ATHANASIOU, M. et al. High-quality laser-assisted biomass-based turbostratic graphene for high-performance supercapacitors. **Carbon**, 172, 750–761, 2021.

BRESSI, A. C. et al. Bioderived Laser-Induced Graphene for Sensors and Supercapacitors. In **ACS Applied Materials and Interfaces**, 15, 30, 2023.

GEHKER, V. et al. Facile preparation of a novel biomass-derived H₃PO₄ and Mn(NO₃)₂ activated carbon from *citrus bergamia* peels for high-performance supercapacitors. **Materials Today Communications**, 26, 2352-4928, 2021.

JAYAN, J. S. et al. Biomass-Derived Laser-Induced Graphene and Its Advances in the Electronic Applications. **Advanced Engineering Materials**, 2, 16, 2023.

LIN, J. et al. Laser-induced porous graphene films from commercial polymers. **Nature Communications**, 5, 1–8, 2014.

Maron, G. K. et al.

MARON, G. K. et al. Electrochemical supercapacitors based on 3D nanocomposites of reduced graphene oxide/carbon nanotube and ZnS. **Journal of Alloys and Compounds**, 836, 0925-8388, 2020.

RUAN, G. et al. Growth of Graphene from Food, Insects, and Waste. **ACS Nano**, 5, 9, 2011.