

**GRAFENO IMPRESSO EM 3D- SUPERCAPACITORES**

FRANCISCO CEZAR RAMOS DE SOUZA
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: cezmos@gmail.com

GABRIEL NEVES VIANA
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: gabrielneres1922@gmail.com

MAGNO DA CUNHA NASCIMENTO
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: mcnmagno@hotmail.com

JOÃO PEDRO CABRAL
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: joaopedrocabralcabral@gmail.com

LEANDRO APARECIDO POCRIFKA
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: pocrifka@gmail.com

RESUMO

Neste projeto trabalhou-se com filamentos de PLA grafeno, foram utilizados filamentos comerciais da empresa VOOLT3D na produção dos eletrodos. Procurou-se seguir um padrão nos eletrodos impressos com o intuito de analisar os parâmetros que influenciam na resistividade do material, com isso, fixamos os seguintes parâmetros de impressão, temperatura, velocidade, altura de camada, largura de extrusão, número de paredes, e o tipo de preenchimento. E variou-se a porcentagem de preenchimento e o perímetro (com e sem perímetro), por fim foi analisado o desempenho na passagem de corrente elétrica, com isso, o aprimoramento no processo de criação a criação de dispositivos de armazenamento de energia caminha ainda mais para um desenvolvimento tecnológico sofisticado e menos danoso à natureza.

Palavras-Chave: Manufatura aditiva; PLA- grafeno; Supercapacitores.



1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem gerado grande contribuição no desenvolvimento econômico sendo impulsionado pelo crescimento do mercado de dispositivos eletrônicos portáteis e exigindo uma maior demanda por energia limpa e tecnologias de armazenamento e conversão de energia. Essa nova problemática direcionou pesquisas para o melhor desempenho eletroquímico dos supercapacitores, como densidade de corrente expressiva, altas taxas de cargas e descarga, ótima capacitância e estabilidade. Os materiais carbonáceos são promissores para utilização em supercapacitores por possuírem altas áreas superficiais, não demandam estrutura laboratorial sofisticada e menor custo de produção em relação a outros materiais (principalmente óxidos de metais de transição). E a fabricação de eletrodos por meio de impressão tridimensional ocorre pela deposição das camadas do material eletroativo, utilizando software ou algoritmos para produzir objetos com dimensões predefinidas, sendo uma técnica inovadora na produção industrial devido sua capacidade de otimizar as etapas de produção e reduzir o desperdício de material, por isso tem sido utilizada em vários setores como o automotivo, aviação, medicinal, odontológico e engenharias.

A Modelagem de Deposição Fundida (FDM) é um processo de impressão 3D no qual a impressora utiliza filamento aquecido e deposita a camada de material para realização do objetivo estipulado. Uma das propostas deste trabalho é a utilização da tecnologia MDF como medida inovadora na preparação de eletrodos de grafeno impressos em 3D, possibilitando a aplicação em dispositivos de armazenamento de energia, sem a presença de binder (aglutinantes), que dessa forma possa tornar o processo mais dinâmico e de baixo custo.

2. OBJETIVO GERAL

A proposta de trabalho é desenvolver eletrodos de grafeno impressos em 3D possibilitando a aplicação em dispositivos de armazenar energia.

3. METODOLOGIA

Nesse trabalho foram modelados eletrodos no software da Autodesk Fusion 360, que posteriormente foram transferido para um software de fatiamento Ultimaker Cura e por fim levados para a impressora 3D Ender 3 S1 Pro figura 1, onde foram produzidos os eletrodos a base de PLA grafeno. Os eletrodos obtidos foram caracterizados através de voltametria cíclica (vc), espectroscopia na região do infravermelho, microscopia eletrônica de varredura (mev) e difração de raio-x visando a aplicação em supercapacitores.

Figura1: Ender 3 S1 pro



Fonte: autor

Após o eletrodo ser modelado foi importado para o software, para posteriormente ser transformado para o formato STL. O arquivo STL foi importado para um software de fatiamento (Cura). Nesse software, o modelo 3D foi fatiado em camadas finas horizontais, criando um



arquivo G-code. Cada camada é seguida por um conjunto de instruções que a impressora seguirá para criar o objeto camada por camada.

A impressora 3D foi abastecida com um filamento termoplástico a base de grafeno. O filamento foi aquecido a uma temperatura entre 190 e 230°C, para entrar em um estado semilíquido. Após o início de impressão a impressora começa a construir a primeira camada da peça, o extrusor se move ao longo do eixo X, Y e Z depositando o filamento derretido em padrões definidos pelo G-code.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a produção dos eletrodos utilizou-se o PLA grafeno da empresa VOOLT3D. O filamento termoplástico PLA grafeno foi levado à impressora e aquecido a uma faixa de temperatura de extrusão entre 190 a 230 °C, de modo a obter eletrodo homogêneo, foi observado que a maneira que o eletrodo é depositado na mesa de impressão o preenchimento se comporta de maneira diferente, após serem feitos alguns testes observou-se que a melhor maneira de imprimir o eletrodo seria na vertical.

Podemos observar os parâmetros fixados dos eletrodos na tabela 1, com o objetivo de obtermos um maior controle dos resultados obtidos. Foram impressos 3 eletrodos com variações que podemos observar na tabela 2.

Tabela 1: Parâmetros fixados na impressão dos eletrodos

PARÂMETROS FIXADOS			
Temperatura	190 a 230°C	Velocidade	10 mm/s
Largura de extrusão	0.4 mm	Paredes	2 Unidades
Altura de camada	0.1 mm	Tipo preenchimento	Linha

Tabela 2: Parâmetros variados na impressão dos eletrodos

ELETRODOS			
Com perímetro	Preenchimento 100%	Preenchimento 80%	Preenchimento 50%
Sem perímetro	Preenchimento 100%	Preenchimento 80%	Preenchimento 50%

Os testes de passagem de corrente foram realizados com o corrente de entrada de 450 mA e 1.3 A, para as variações de parâmetros apresentados na tabela 2, a partir disso observamos que o melhor resultado obtivemos com o eletrodo com perímetro e 80% de densidade de preenchimento, como podemos observar na tabela 3 e 4, com isso concluímos que para os testes com perímetro o preenchimento tem pouca interferência na passagem de corrente, porém os testes com o eletrodo sem perímetro apresentaram uma baixa passagem de corrente a medida que a densidade de preenchimento diminui tabela 3.

**Tabela 3:** Eletrodos grafeno corrente de entrada 450 mA.

Densidade do Preenchimento	Sem perímetro	Com perímetro
100%	60 - 300 μ A	120 – 620 μ A
80%	65 – 286 μ A	225 – 830 μ A
50%	120 – 420 μ A	345 – 850 μ A

Tabela 4: Eletrodos grafeno corrente de entrada 1.3 A

Densidade do Preenchimento	Sem perímetro	Com perímetro
100%	80 - 420 μ A	400 – 890 μ A
80%	170 – 500 μ A	350 – 970 μ A
50%	160 – 520 μ A	320 – 688 μ A

5. CONCLUSÕES

A utilização de eletrodos impressos em 3D representa uma inovação significativa no campo da eletroquímica e da eletrônica, oferecendo várias vantagens e desafios. O presente trabalho visou testar a influência dos parâmetros de impressão na passagem de corrente e concluiu-se que a altura de camada de impressão está ligada diretamente a resistência elétrica, ou seja, quanto menor a altura de camada maior a resistência elétrica, como podemos observar na tabela 5, foi possível observar também a influência do perímetros na passagem de corrente, uma vez que o melhor resultado se deu com o eletrodo apresentando densidade de preenchimento de 80% com perímetro. As pespequitas para trabalhos futuros é montarmos um dispositivo adotando os parâmetros citados capaz de armazenar energia de forma eficiente, pouco agressiva ao meio ambiente e barato.

REFERÊNCIAS

- AREIR, M., XU, Y., HARRISON, D. et al. A study of 3D printed flexiblesupercapacitors onto silicone rubber substrates. J Mater Sci: Mater Electron, v. 28, p.18254–18261, 2017.
- COSTA, G.C.P. 3D Printed Graphene Based Supercapacitors. 2019. Dissertação (Mestrado) - Curso de Licenciatura de Engenharia de Materiais, Universidade, Universidade Nova de Lisboa, 2019.
- DU, Jnua, LEI, L.; YIFENG, Y.; YUMING, Q.; HAIXIA, W.; AIBING C. “A Confined Space Pyrolysis Strategy for Controlling the Structure of Hollow Mesoporous Carbon Spheres with High SupercapacitorPerformance.” In Nanoscale, v. 11, n. 10, p. 4453– 62, 2019.
- FOROUZANDEH, P., KUMARAVEL, V., PILLAI, S. C. (2020). Electrode materials for
- MASAUD, Z.; ZUBAIR KHAN M.; HUSSAIN, A.; et al. Recent Activities of Solid OxideFuel Cell Research in the 3D PrintingProcesses. Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, v. 32, No. 1, p. 1-40, 2021.
- Maurel, Alexis Grugeon, Sylvie Fleutot, Benoît Courty, Matthieu Prashantha, Kalappa Tortajada, Hugues Armand, Michel Panier, Stéphane Dupont, Loïc. Three-Dimensional Printing of a LiFePO4/Graphite Battery Cell via Fused ports.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPEAM e a CNPq, instituições que dispuseram de recursos para que a pesquisa fosse realizada. Agradeço o Laboratório de Eletroquímica e Energia onde a pesquisa criou suas raízes e a cada dia cresce mais.