

## AVANÇOS EM ELETRÓLITOS A BASE DE CELULOSE PARA APLICAÇÃO EM *MECHANICAL ENERGY HARVESTERS*

LAURA MECCA DE MENEZES<sup>1</sup>; LEANDRO LEMOS<sup>2</sup>; CRISTIANE AZEVEDO<sup>3</sup>;  
FELIPE CASSONI<sup>4</sup>; ALICE OSORIO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – laurameccamenezes@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – leandrolemos.silveira@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – cristiane.quim@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – cassoni\_felipe@yahoo.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por fontes de energia renovável e sustentável tem impulsionado pesquisas em novos materiais que podem ser utilizados em dispositivos de coleta de energia. Em resposta, o mercado energético está gradualmente se voltando para fontes renováveis, embora a matriz energética mundial ainda seja predominantemente composta por fontes não renováveis. Entre as alternativas renováveis, os dispositivos *mechanical energy harvesting* se destacam por sua acessibilidade, sendo capazes de captar energia de fontes externas como vento, ondas e movimento humano (LI et al., 2022). Nesse cenário, o desenvolvimento de eletrólitos é fundamental para criação de *mechanical energy harvesters*.

*Mechanical energy harvesters* são dispositivos projetados para capturar e converter energia mecânica (vibrações, movimentos e deformações) em eletricidade utilizável (POZO et al., 2019). Esses dispositivos geralmente utilizam de mecanismos baseados em fenômenos físicos, como piezeletricidade (geram uma carga elétrica quando submetidos a tensões mecânicas), (WANG et al., 2011), eletromagnetismo (utilizam movimentos mecânicos para induzir correntes elétricas em bobinas) ou tribo eletricidade (geração de eletricidade por meio de contato e separação de diferentes materiais, gerando cargas elétricas).

Entre os materiais promissores para a produção de eletrólitos (materiais que quando dissolvidos em água conduzem energia elétrica), destacam-se os derivados de celulose, visto que a celulose é um biopolímero abundante e de alta biodegradabilidade, que realiza sua própria síntese (FRENCH et al., 2002). Eletrólitos em gel à base de derivados de celulose têm atraído atenção pela sua alta capacidade de reter água e permitir a mobilidade dos íons, o que é crucial para o funcionamento de dispositivos eletroquímicos e sistemas de captação de energia.

A partir dessa análise, surgiu a necessidade de investigar quais são as fontes de celulose mais utilizadas para a produção de eletrólitos em gel e quais as principais aplicações.

### 2. METODOLOGIA

Em relação à abordagem metodológica utilizada nesse trabalho, pode-se classificar como um estudo exploratório. Essa metodologia busca proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2008). Com a definição da metodologia, iniciou-se

o levantamento de artigos, para esse, foi usada a base de dados *Web of Science* (WOS), com o termo de busca *Mechanical Energy Harvester*, quanto ao tipo de publicação, foi usado o filtro artigo. Os artigos encontrados deviam conter as seguintes *strings*: *CNTY* (fio de nanotubo de carbono), *electrolyte* (eletrólito), *cellulose* (celulose) e *yarn* (fio). Com esses filtros foram encontrados oito artigos. Posteriormente, para uma pesquisa mais aprofundada, houve a busca para as seguintes *strings*: *CNTY* (fio de nanotubo de carbono), *cellulose* (celulose), *gel* (gel), *electrolyte* (eletrólito) e *yarn* (fio). Desta vez, foram encontrados quatro artigos, porém todos já tinham sido encontrados na pesquisa anterior. Em seguida, iniciou-se o processo de leitura dos documentos encontrados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 8 artigos analisados, foram encontradas publicações nos últimos sete anos, e 2020 e 2023 foram os anos que apresentaram maior frequência, como é possível analisar no gráfico abaixo:

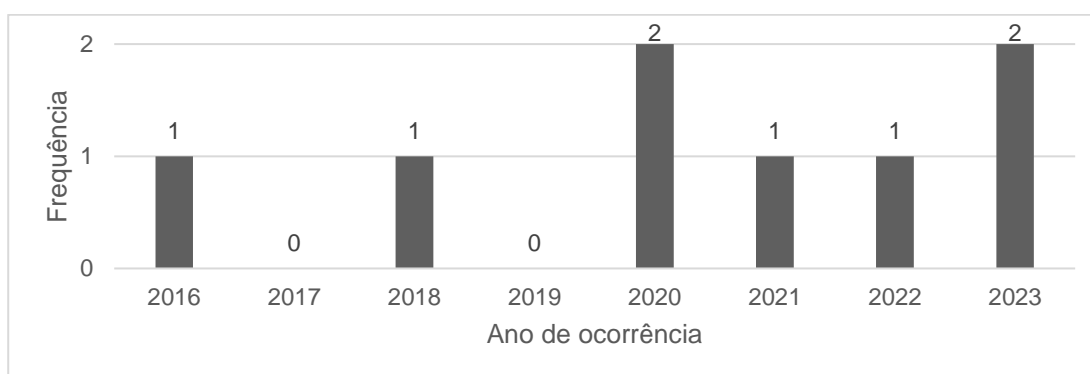


Gráfico 1: Frequência de publicações, Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela a seguir apresenta um panorama do que se encontrou nos trabalhos analisados. A disposição dos dados proporciona uma visão mais clara das aplicações e enfoques de cada pesquisa, auxiliando a identificação de tendências e lacunas no campo.

Tabela 1- Trabalhos prospectados.

Autor	País	Título	Aplicação ou enfoque
Moniz (2023)	Portugal	Electrospray Deposition of PEDOT:PSS on Carbon Yarn Electrodes for Solid-State Flexible Supercapacitors	Desenvolvimento de supercapacitores flexíveis em configuração unidimensional para aplicação em têxteis eletrônicos, utilizando a técnica de deposição por eletrosspray (ESD).
Rafique (2023)	Portugal	A facile blow spinning technique for green cellulose acetate/polystyrene composite separator for flexible energy storage devices	Produção de um separador à base de celulose para supercapacitores flexíveis utilizando a técnica blow spinning, expõe a necessidade de materiais sustentáveis e ecológicos em dispositivos eletrônicos portáteis e vestíveis.
Carvalho (2022)	Portugal	Carbon-Yarn-Based Supercapacitors with In Situ Regenerated Cellulose Hydrogel for Sustainable Wearable Electronics	Desenvolvimento de supercapacitores sustentáveis em têxteis, para armazenamento de energia, com aplicação em dispositivos eletrônicos vestíveis.
Rao (2021)	Índia	Paper-based optimized chemical fuel cell with laser-scribed	Foca na produção de uma célula de combustível integrada em papel de

		graphene electrodes for energy harvesting	filtro de celulose, utilizando grafeno gravados a laser (LSG). O objetivo é criar uma solução sustentável para alimentar dispositivos microeletrônicos.
Jha (2020)	Índia	Origami of Solid-State Supercapacitive Microjunctions Operable at 3 V with High Specific Energy Density for Wearable Electronics	Elaboração de um supercapacitor eletroquímico sólido e flexível que opera a 3V, e sua integração em micro junções para aplicações em dispositivos eletrônicos portáteis.
Araki (2020)	Japão	Wet spinning of cellulose nanowhiskers; fiber yarns obtained only from colloidal cellulose crystals	Discute a produção de fibras de nano cristais de celulose por wet spinning, mostrando as variáveis que afetam as propriedades mecânicas
Martinez (2018)	Suíça	Investigation of electrically conducting yarns for use in textile actuators	Elaboração de atuadores têxteis biomiméticos utilizando fios condutores revestidos com polímeros eletroativos.
Xu (2016)	China	All-solid-state yarn supercapacitors based on hierarchically structured bacterial cellulose nanofiber-coated cotton yarns	Desenvolvimento de supercapacitores de fio com estrutura hierárquica utilizando fios de algodão revestidos por nanofibras de celulose bacteriana.

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível constatar que entre os artigos obtidos no levantamento apresentam uma variedade de técnicas e materiais. Por exemplo, Moniz explora o desenvolvimento de supercapacitores flexíveis, já Carvalho, propõe o uso de hidrogel de celulose em supercapacitores para dispositivos eletrônicos vestíveis. Ambas as abordagens enfatizam a necessidade da sustentabilidade em produtos tecnológicos.

Além da aplicação em dispositivos tecnológicos, os trabalhos abordaram outras aplicações como a produção de separadores à base de celulose, eles enfatizam também a importância de práticas mais sustentáveis, pois a demanda por dispositivos tecnológicos apenas cresce.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise dos artigos mostra uma crescente inovação em materiais que atuam como *mechanical energy harvester*s, principalmente eletrólitos a partir de derivados de celulose, isso indica que é possível o desenvolvimento de tecnologias que não apenas atendem à demanda energética, mas que também, minimizam os impactos ambientais gerados por energias de fontes não sustentáveis. Mesmo que a literatura sobre esse tema seja limitada, a diversidade de abordagens e técnicas sugere um grande potencial para o desenvolvimento de pesquisas na área.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARAKI, J.; MIYAYAMA, M.** Wet spinning of cellulose nanowhiskers; fiber yarns obtained only from colloidal cellulose crystals. **Polymer**, v. 188, 2020. DOI: 10.1016/j.polymer.2019.122116.

**CARVALHO, J. T. et al.** Carbon-yarn-based supercapacitors with in situ regenerated cellulose hydrogel for sustainable wearable electronics. **ACS Applied Energy Materials**, v. 5, n. 10, p. 11987–11996, 2022. DOI: 10.1021/acsaem.2c01222.

**FRENCH, A. D. et al.** Cellulose. In: **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**. 4. ed. New York: John Wiley, 2002. p. 1-69. ISBN 9781118633892. DOI: 10.1002/0471440264.pst042.pub2. Disponível em: <hal-04670722>. Acesso em: 02 out. 2024.

**GIL, A. C.** Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

**JHA, M. K.; JAIN, T.; SUBRAMANIAM, C.** Origami of solid-state supercapacitive microjunctions operable at 3 V with high specific energy density for wearable electronics. **ACS Applied Electronic Materials**, v. 2, n. 3, p. 659–669, 2020. DOI: 10.1021/acsaelm.9b00769.

**LI, D. et al.** Recent progress and development of interface integrated circuits for piezoelectric energy harvesting. **Nano Energy**, v. 94, p. 106938, 2022. ISSN 2211-2855. DOI: 10.1016/j.nanoen.2022.106938.

**MARTINEZ, J. G. et al.** Investigation of electrically conducting yarns for use in textile actuators. **Smart Materials and Structures**, v. 27, n. 7, 2018. DOI: 10.1088/1361-665X/aabab5.

**MONIZ, M. P. et al.** Electrospray deposition of PEDOT on carbon yarn electrodes for solid-state flexible supercapacitors. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 15, n. 25, p. 30727–30741, 2023. DOI: 10.1021/acsaami.3c03903.

**POZO, B.; GARATE, J. I.; ARAUJO, J. Á.; FERREIRO, S.** Energy harvesting technologies and equivalent electronic structural models – review. **Electronics**, v. 8, n. 5, p. 1-31, 2019. DOI: 10.3390/electronics8050486.

**RAFIQUE, A. et al.** A facile blow spinning technique for green cellulose acetate/polystyrene composite separator for flexible energy storage devices. **Chemical Engineering Journal**, v. 464, 2023. DOI: 10.1016/j.cej.2023.142515.

**RAO, L. T. et al.** Paper-based optimized chemical fuel cell with laser-scribed graphene electrodes for energy harvesting. **Microfluidics and Nanofluidics**, v. 25, n. 12, 2021. DOI: 10.1007/s10404-021-02500-4.

**WANG, W. et al.** Vibration energy harvesting using piezoelectric circular diaphragm array. In: **2011 International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF/PFM) and 2011 International Symposium on Piezoresponse Force Microscopy and Nanoscale Phenomena in Polar Materials**, 2011, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ISAF.2011.6014117.

**XU, Q. et al.** All-solid-state yarn supercapacitors based on hierarchically structured bacterial cellulose nanofiber-coated cotton yarns. **Cellulose**, v. 23, n. 6, p. 3987–3997, 2016. DOI: 10.1007/s10570-016-1086-8.