

III Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS

O polímero condutor fotoresistivo: uma inovação em materiais condutores

The photoresistive conductive polymer: an innovation in conductive materials

Maria Cecília Caldeira Vieira¹ , Marcus Paulo de Oliveira¹ ,
Mateus Amâncio Correa Neres¹ , Arthur Batista Bromirsky¹ ,
Luisa Dias Lopes¹ , Lucas Alves Lamberti¹ , Patrícia Regina Ebani¹ ,
Glauber Rodrigues de Quadros¹ , Jocenir Boita¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

RESUMO

O desenvolvimento de polímeros funcionais representa uma área altamente promissora, embora ainda pouco explorada. A capacidade de polímeros simples desempenharem funções além de suas características tradicionais abre novas fronteiras na ciência dos materiais. Este estudo apresenta uma abordagem alternativa para a produção de polímeros condutores com propriedades relacionadas à energia, a partir da combinação de materiais acessíveis e ambientalmente seguros. A inovação está no uso de nanopartículas de ferro misturadas a uma matriz polimérica à base de PVA (cola branca), resultando em um composto flexível, semelhante à borracha natural, e com propriedades semicondutoras. Nesta pesquisa, foi realizada a análise do comportamento da resistência elétrica do material frente à incidência de luz infravermelha, revelando um efeito fotoresistivo semelhante ao de dispositivos LDR, com redução da resistência conforme o comprimento de onda da luz aplicada. Tais características tornam o material promissor para aplicações em sensores, dispositivos de armazenamento de energia e componentes eletrônicos flexíveis, com potencial de replicação em escala industrial e baixo custo de produção.

Palavras-chave: Polímero condutor; Fotoresistivo; Nanomateriais; Sensores; Eletrônica flexível

ABSTRACT

The development of functional polymers represents a highly promising yet still largely unexplored field. The ability of simple polymers to perform functions beyond their traditional characteristics opens new frontiers in materials science. This study presents an alternative approach to the fabrication of conductive polymers with energy-related properties by combining accessible and environmentally safe

materials. The innovation lies in the use of iron-based nanoparticles mixed with a PVA (white glue) polymer matrix, resulting in a flexible compound, similar to natural rubber, with semiconductive properties. In this research, the electrical resistance behavior of the material under infrared light exposure was analyzed, revealing a photoresistive effect similar to that of LDR devices, with resistance decreasing as the wavelength of the applied light increased. These characteristics make the material promising for applications in sensors, energy storage devices, and flexible electronic components, with potential for low-cost, large-scale industrial replication.

Keywords: Conductive polymer; Photoresistive; Nanomaterials; Sensors; Flexible electronics

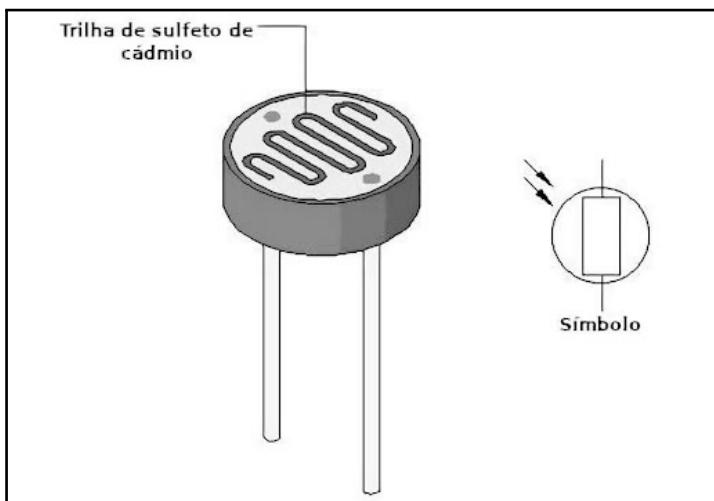
1 INTRODUÇÃO

A busca por materiais inovadores e multifuncionais tem impulsionado significativamente o avanço da ciência e da engenharia de materiais, especialmente no campo da eletrônica. Nesse contexto, os polímeros condutores vêm se destacando como alternativas promissoras aos condutores metálicos tradicionais, oferecendo não apenas propriedades elétricas, mas também leveza, flexibilidade e baixo custo de produção. A capacidade de ajustar suas características estruturais e funcionais torna esses materiais altamente atrativos para aplicações em sensores, dispositivos optoeletrônicos e sistemas de geração e armazenamento de energia Paari-Molnar et al. (2024); Mehra et al. (2024); Martinez (2024). Devido à gama de possibilidades, decorrida da crescente investigação desses dispositivos, esses também se tornaram alvo de interesse da comunidade tanto científica quanto tecnológica Carter (2024). O marco inicial no desenvolvimento dos polímeros condutores ocorreu no laboratório de Hideki Shirakawa, no Instituto de Tecnologia de Tóquio em 1976, onde foi sintetizado o primeiro polímero orgânico com propriedades condutoras Mehra et al. (2024); Franco et al. (2025). Já no ano seguinte, avanços nos processos de dopagem e síntese permitiram um aumento expressivo na condutividade elétrica do material em comparação aos testes iniciais. Essa descoberta abriu novas perspectivas ao demonstrar que polímeros orgânicos poderiam funcionar como condutores elétricos, impulsionando uma série de aplicações inovadoras em áreas como eletrônica flexível, sensores optoeletrônicos e monitoramento de sinais vitais Martinez (2024); Paari-Molnar et al. (2024); Carter (2024).

No campo dos componentes eletrônicos, destaca-se o papel fundamental dos resistores dependentes de luz, conhecidos como LDRs (Light Dependent Resistors). A principal característica desses dispositivos é a variação da resistência elétrica em

função da intensidade da luz incidente: à medida que a luminosidade aumenta, a resistência diminui; em ambientes de baixa iluminação, a resistência tende a aumentar. Esse comportamento torna o LDR um componente valioso para diversas aplicações que exigem resposta sensível às variações da luz ambiente, como em sensores, sistemas de automação e dispositivos de iluminação inteligente Murugan et al. (2020). Na Figura 1, é mostrada uma figura que ilustra detalhes de um LDR tradicional.

Figura 1 – Componente LDR (*Light Dependent Resistor*)



Fonte: Adaptado de WatElectronics (2019)

LDRs (*Light Dependent Resistors*) são amplamente usados em sistemas de controle automático de iluminação, como postes de luz e corredores residenciais, ativando lâmpadas em ambientes escuros. Também estão presentes em alarmes de segurança, fotômetros fotográficos e dispositivos eletrônicos que ajustam o brilho da tela conforme a luz ambiente, melhorando a usabilidade e economizando energia.

Atualmente, existe uma busca incessante por nanoestruturas funcionais, aplicadas em diversos ramos da ciência. Nanopartículas (NPs) são estruturas com dimensões entre 1 e 100 nanômetros, conhecidas por suas propriedades físico-químicas diferenciadas, resultado de sua alta razão entre área superficial e volume. A nanotecnologia, cujo conceito foi inicialmente proposto por Feynman (1960) e posteriormente nomeado por Taniguchi (1974), tem possibilitado o desenvolvimento de materiais com funcionalidades inovadoras em escala nanométrica.

Neste trabalho, o foco está na análise do comportamento resistivo de um polímero condutor sintetizado por meio da incorporação de nanopartículas de ferro. A

proposta é investigar sua resposta elétrica quando exposto a radiação infravermelha, avaliando sua viabilidade como material sensível a variações luminosas, de forma semelhante ao funcionamento de um resistor dependente de luz (LDR). O polímero em estudo busca aliar características como flexibilidade, baixo custo e baixa toxicidade, apresentando potencial para aplicações em sensores e dispositivos de geração de energia.

2 METODOLOGIA

Para a síntese do polímero condutor com comportamento fotoresistivo, foi utilizada uma matriz polimérica flexível à base de PVA, combinada com nanopartículas de ferro sintetizadas previamente. A mistura foi submetida a um processo de dispersão homogênea manual, assegurando a distribuição uniforme das nanopartículas ao longo da estrutura polimérica. Na Figura 2, é possível se observar a estrutura física final do polímero desenvolvido.

Figura 2 – Estrutura física final do polímero condutor desenvolvido, após a incorporação das nanopartículas de ferro no PVA



Fonte: Autores (2025)

Os testes foram realizados em ambiente parcialmente controlado, utilizando uma caixa de madeira, retangular. No interior da câmara, foi instalada uma fonte de radiação infravermelha — através de uma lâmpada do tipo infravermelha, com potência de 150W e temperatura de cor de 1200K, posicionada a uma distância fixa de 6 cm em relação à amostra. O polímero foi posicionado sobre uma base isolante no interior da câmara, de modo a receber a radiação direta da lâmpada. A imagem esquemática do arranjo experimental pode ser visualizada na Figura 3, onde estão destacados: a lâmpada, o suporte do polímero e a estrutura da caixa de ensaio.

Figura 3 – Arranjo experimental utilizado para a análise da resposta fotorresistiva do polímero condutor. O esquema ilustra o posicionamento do material sensível dentro de uma câmara de teste, sob incidência de radiação infravermelha



Fonte: Autores (2025)

A medida da resistência elétrica foi realizada por meio de um multímetro de bancada de alta precisão MDM-8145B da marca Minipa. As leituras foram feitas em intervalos regulares, com a lâmpada desligada e posteriormente ligada, para avaliar a

variação resistiva do material frente à exposição à radiação infravermelha. Os dados obtidos foram registrados em planilhas para posterior comparação com materiais condutores convencionais sob as mesmas condições.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes revelaram que o polímero condutor sintetizado apresentou uma resposta elétrica sensível à variação da intensidade luminosa infravermelha, demonstrando um comportamento fotorresistivo. Observou-se um aumento significativo da resistência elétrica em ambientes com baixa iluminação, com resistência na casa dos $M\Omega$, e, inversamente, uma redução considerável da resistência sob exposição à radiação infravermelha, chegando a atingir a casa dos $k\Omega$. Esse padrão de resposta confirma a semelhança funcional com os resistores dependentes de luz (LDRs), validando o potencial do material como sensor óptico.

A flexibilidade da matriz polimérica foi mantida após a incorporação das nanopartículas de ferro, o que amplia suas possibilidades de aplicação em tecnologias emergentes, como dispositivos eletrônicos flexíveis, vestíveis e sensoriais. Outro ponto de destaque foi a estabilidade do material: os testes repetidos em diferentes ciclos de iluminação apresentaram resultados consistentes, sugerindo boa reproduzibilidade e confiabilidade do polímero frente a estímulos luminosos.

Esses achados indicam que o material desenvolvido possui características promissoras para uso em sensores inteligentes, sistemas de automação e dispositivos optoeletrônicos de baixo custo, com a vantagem adicional de ser potencialmente não tóxico e fácil de processar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma abordagem inovadora para o desenvolvimento de materiais condutores, explorando a combinação de nanopartículas de ferro com uma matriz polimérica à base de PVA. Os resultados demonstraram que o composto obtido exibe comportamento fotoresistivo semelhante ao de dispositivos LDR, respondendo à incidência de luz com variação significativa em sua resistência elétrica. Essa propriedade, aliada à flexibilidade, baixo

custo e simplicidade de fabricação do material, evidencia seu potencial para aplicações em sensores ópticos, dispositivos de armazenamento de energia e eletrônica flexível. Além disso, a utilização de materiais acessíveis e ambientalmente seguros fortalece o caráter sustentável da proposta. A pesquisa abre caminho para futuras investigações voltadas à otimização das propriedades elétricas e mecânicas do material, bem como sua integração em dispositivos funcionais, visando aplicações em larga escala e impacto positivo na indústria tecnológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à instituição de ensino superior pela oportunidade de crescimento acadêmico e pelo suporte institucional oferecido ao longo da realização deste trabalho. Reconhece-se a importância do apoio estrutural e técnico fornecido pelo laboratório de pesquisa onde os experimentos foram conduzidos, cuja infraestrutura foi essencial para o desenvolvimento da investigação.

Também se expressa sincera gratidão ao(à) docente responsável pela orientação deste estudo, cujas contribuições, sugestões e incentivos constantes foram fundamentais para a construção e aprimoramento deste manuscrito. A colaboração e o comprometimento ao longo de todas as etapas da pesquisa foram decisivos para a concretização dos resultados aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

- Carter, L. (2024). Emerging trends in conductive polymers: Transforming electronics and energy storage. *Journal of Polymer Science*, 9, 24, URL <https://www.primescholars.com/articles/emerging-trends-in-conductive-polymers-transforming-electronics-and-energy-storage-130756.html>.
- Feynman, R. P. (1960). There's plenty of room at the bottom. Em: *Annual Meeting of the American Physical Society*, URL <https://www.caltech.edu/about/news/plenty-room-bottom-48695>, original lecture delivered in 1959 at Caltech.

- Franco, G. M., dos Santos Kremer, I., Vieira, M. C. C., Rigue, J. N., Boita, J. (2025). Multifunctional polymers: A new frontier in conductivity and energy generation for advanced electronics. *Next Materials*, 6, 100,476, URL <https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2024.100476>.
- Martinez, S. (2024). Advancements in conductive polymers: Applications and future directions. *Journal of Polymer Science*, 9, 030, URL <https://www.primescholars.com/articles/advancements-in-conductive-polymers-applications-and-future-directions-130760.html>.
- Mehra, A., Chaudhary, M., De Souza, F., Gupta, R. K. (2024). Recent advancements in conducting polymers for biomedical sensors. Em: Gupta, R. K. (ed) *NanoCarbon: A Wonder Material for Energy Applications*, Springer, Singapore, p Chapter 18.
- Murugan, K., Jeyamohanaroopan, K. M. K., Navaneethanath, M., Prakash, M., Ajithkumar, R. (2020). Computerized smart luminous system using passive infrared by motion recognition (cls-wifi). Em: *Proceedings of the International Conference on Innovative Science and Technology*, URL <https://doi.org/10.1109/ICISC47916.2020.9171201>.
- Paari-Molnar, E., Kardos, K., Told, R., Simon, I., Sahai, N., Szabo, P., Bovari-Biri, J., Steinerbrunner-Nagy, A., Pongracz, J. E., Rendeki, S., Maroti, P. (2024). Comprehensive study of mechanical, electrical and biological properties of conductive polymer composites for medical applications through additive manufacturing. *Polymers*, 16(18), 2625.
- Taniguchi, N. (1974). On the basic concept of 'nano-technology'. *Proceedings of the International Conference on Production Engineering*, pp. 18–23.
- WatElectronics (2019). Light dependent resistor (ldr) – working principle and its applications. <https://www.watelectronics.com/light-dependent-resistor-l-dr-with-applications/>, URL <https://www.watelectronics.com/light-dependent-resistor-l-dr-with-applications/>, accessed: 2025-05-25.

Como citar este artigo

Vieira, M. C. C., Oliveira, M. P., Neres, M. A. C., Bromirsky, A. B., Lopes, L. D., Lamberti, L. A., Ebani, P. R., Quadros, G. R., & Boita, J. (2025). O polímero condutor fotoresistivo: uma inovação em materiais condutores. *Ciência e Natura*, 47, esp. 4. <https://doi.org/10.5902/2179460X92188>