



PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA CARACTERIZAÇÃO DE SENSORES PIEZORESISTIVOS DE UMIDADE E TRAÇÃO MECÂNICA

Felipe Duck Borges², Luiz Antonio Rasia³

¹ Pesquisa desenvolvida na Unijuí; financiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PIBIC/CNPq.

² Bolsista CNPq; estudante do curso Engenharia Mecânica da UNIJUÍ.

³ Professor orientador da UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem proporcionado avanços significativos no desenvolvimento de sensores para diversas aplicações industriais e científicas. Os sensores piezoresistivos, em particular, têm se destacado devido à sua capacidade de converter pressão mecânica em uma variação de resistência elétrica, possibilitando uma ampla gama de aplicações desde a monitorização de estruturas até dispositivos médicos.

Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a caracterização de sensores piezoresistivos utilizando a técnica GoP (Graphite on Paper). Esta técnica simples e de baixo custo permite a criação de sensores flexíveis e altamente sensíveis, ideais para aplicações que requerem conformidade e adaptabilidade.

Para a calibração e testes dos sensores, foi projetado e desenvolvido um suporte específico utilizando impressão 3D, garantindo precisão e repetibilidade dos experimentos. Além disso, um gerador de vapor foi incorporado ao sistema para umedecer o papel, permitindo a análise do comportamento do sensor em condições variáveis de umidade. Este estudo visa contribuir para o avanço na utilização de materiais alternativos e técnicas inovadoras na fabricação de sensores, ampliando as possibilidades de aplicação em diferentes setores.

METODOLOGIA

A primeira etapa do desenvolvimento do sensor piezoresistivo envolve a técnica GoP (Graphite on Paper). Este método consiste em depositar camadas de grafite em uma folha de

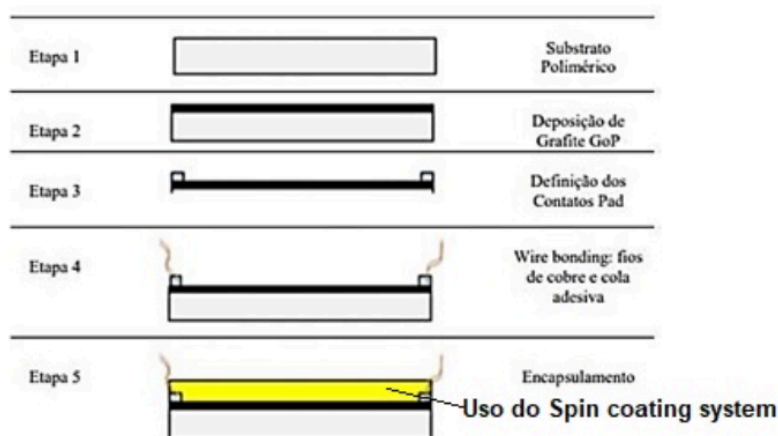


papel comum, criando trilhas condutoras que respondem à pressão mecânica. A técnica é escolhida por sua simplicidade, baixo custo e flexibilidade.

1. **Preparação do Substrato:** Utiliza-se papel de alta gramatura como substrato devido à sua resistência e estabilidade dimensional.
2. **Deposição do Grafite:** Com a utilização de lápis de grafite de diferentes durezas (HB, 2B, 4B, etc.), são desenhadas trilhas condutoras no papel, otimizando a distribuição do grafite para obter a melhor resposta piezoresistiva.
3. **Definição do Contato Pad:** As áreas de contato elétrico são definidas com precisão para garantir conexões estáveis e eficientes.
4. **Wire Bonding:** Fios de cobre são conectados às áreas de contato utilizando cola condutora, permitindo a interface elétrica do sensor com os equipamentos de medição.
5. **Encapsulamento com Uso de Spin Coating:** O sensor é encapsulado com uma camada protetora utilizando a técnica de spin coating, que distribui uniformemente um polímero líquido sobre o sensor, proporcionando proteção contra danos e contaminações externas.

A Figura 1 ilustra as etapas de processo de deposição dos filmes piezoresistivos de grafite sobre papel.

Figura 1. Etapas de Processo de Deposição de Grafite sobre Papel e Aspectos da Cobertura com o Processo Spin Coater



Fonte: Rasia et. al (2022)

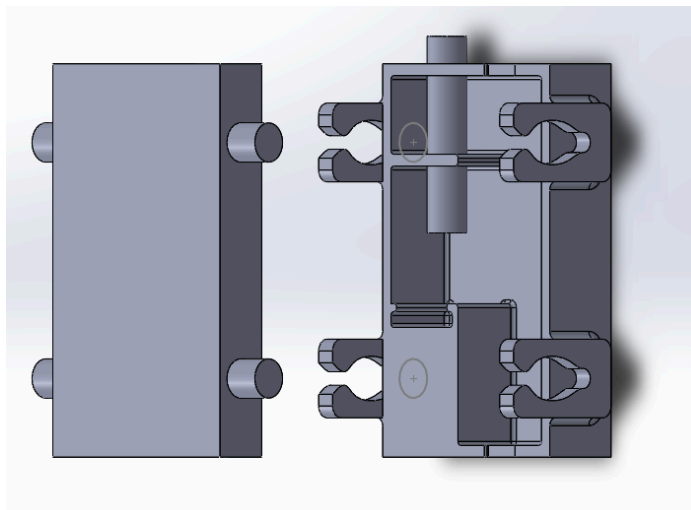


Para garantir a precisão e repetibilidade nos testes de calibração, foi desenvolvido um suporte específico utilizando a tecnologia de impressão 3D, com a impressora Adventure 5M da marca Flashforge, mostrado na Figura 3. Este suporte permite a fixação do sensor GoP e a aplicação controlada de forças mecânicas.

As ações tomadas para a realização do suporte foram:

1. **Modelagem CAD:** O suporte foi modelado utilizando o software SolidWorks, levando em consideração as dimensões do sensor e os pontos de aplicação de força, mostrado na Figura 2.

Figura 2: Ilustração da montagem final da caixa para testes de umidade e temperatura de sensores piezoresistivos

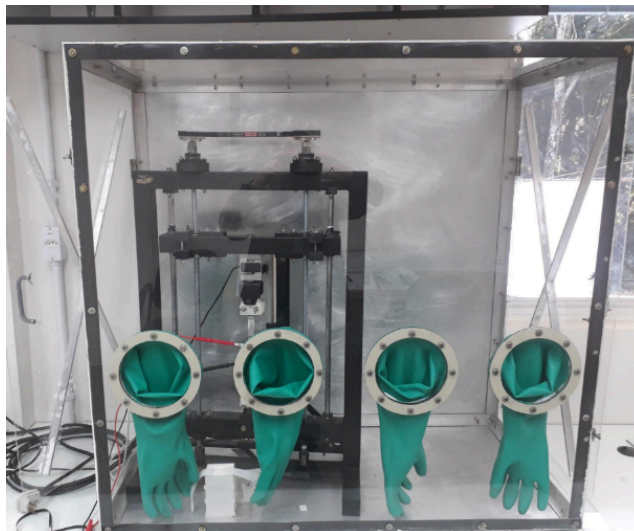


Fonte: o autor (2024)

2. **Impressão 3D:** O modelo foi impresso com filamento PLA (Polylactic Acid) utilizando a impressora 3D controlada pelo software Orca Slicer. Foram realizados testes de temperatura, fluxo e retração para otimizar a qualidade da impressão.
3. **Montagem do Sistema de Teste:** O suporte impresso foi acoplado a uma máquina de tração, Figura 3, que permite a aplicação de forças mecânicas precisas e a medição da resposta do sensor em termos de variação de resistência elétrica.



Figura 3: Máquina de teste de tração isolada do meio utilizada para calibrar e testar sensores

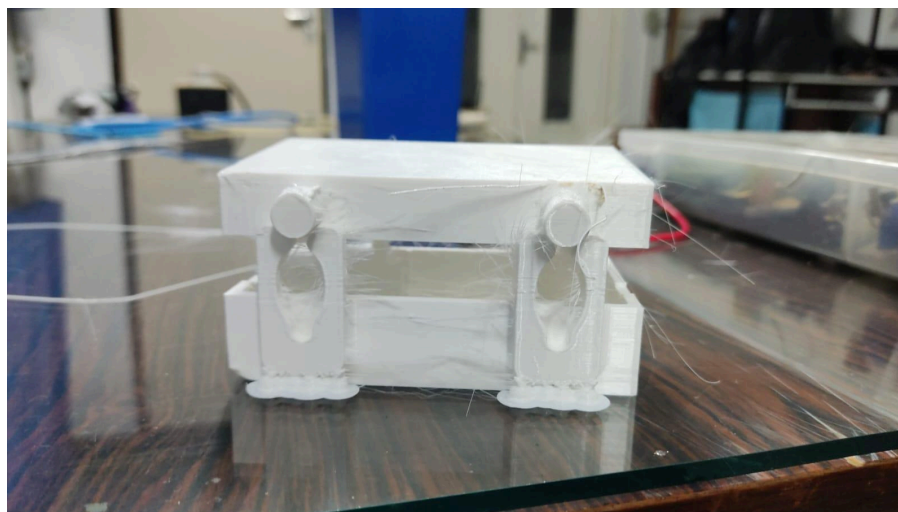


Fonte: o autor (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o presente momento, o desenvolvimento do projeto resultou na impressão bem-sucedida da caixa que será utilizada para as medições e calibração dos sensores piezoresistivos, ilustrada na Figura 4. A caixinha foi projetada e fabricada utilizando a tecnologia de impressão 3D com filamento PLA, biodegradável, garantindo precisão nas dimensões e robustez estrutural necessária para os testes.

Figura 4: Impressão da caixa de testes de umidade e tensão mecânica para sensor piezoresistivos



Fonte: o autor (2024)

