



Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica.

## **DETERMINAÇÃO DO PONTO DE MAIOR TENSÃO MECÂNICA PARA O POSICIONAMENTO DE UM STRAIN GAUGE EM UM TUBO DE BOURDON<sup>1</sup>**

### **DETERMINATION OF THE HIGHEST MECHANICAL TENSION POINT FOR THE POSITIONING OF A STRAIN GAUGE IN A BOURDON TUBE**

**Lucas Schwertner <sup>2</sup>, Luiz Antonio Rasia <sup>3</sup>, Guilherme Pimentel Soares Lima <sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa realizado no grupo de pesquisa GPMaD - Grupo de Pesquisa em Materiais e Dispositivos, sob a vigência do projeto: Modelagem Matemática de Dispositivos Sensores Piezoresistivo

<sup>2</sup> Bolsista IC PIBIC/FAPERGS estudante do curso de graduação em Engenharia Mecânica

<sup>3</sup> Orientador. Docente do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

<sup>4</sup> Guilherme Pimentel Soares Lima - Bolsista IT CNPq estudante do curso de graduação em Medicina

#### **RESUMO**

Em um mundo cada vez mais agitado, as máquinas vêm como uma alternativa para facilitar a vida humana e auxiliar em tarefas repetitivas. Para isso, é necessário conceder a elas algumas capacidades que só os seres vivos possuem. Ver, escutar, falar e, de forma geral, interagir com o ambiente. Para tal, é necessário equipá-las com os mais diversos tipos de sensores, a fim de monitorar o ambiente e também permitir a interação da máquina com o próprio meio. Quando os primeiros braços robóticos surgiram, seus criadores se deparam com um grande desafio, quanta força é necessária para agarrar um objeto sem o danificar e como fazer a leitura destas forças. A solução foi o desenvolvimento e uso dos sensores tipo strain gauge objeto de estudo deste trabalho.

**Palavras-chave:** Strain gauge, Piezoresistores, Graphite on paper, Método de Elementos Finitos, Tubo de Bourdon.

#### **INTRODUÇÃO**

Os avanços da tecnologia e constante evolução nos processos de controle e automação são parte fundamental do que conhecemos como indústria 4.0. Contudo, essas tecnologias não estão apenas inseridas no ambiente industrial como também, vem ganhando cada vez mais espaço em nossas vidas. O futuro está cada vez mais ligado à automação das tarefas cotidianas, para que possamos focar nosso tempo e energia no desenvolvimento pessoal e profissional. Porém, as máquinas precisam ver, ouvir e sentir o que está ao seu redor para poder interagir.



Por isso é necessário desenvolver sensores que funcionam como os olhos, os ouvidos e o tato para que, estas novas tecnologias sejam viáveis.

A Medicina também vai ser beneficiada por essas tecnologias, principalmente se os sensores utilizarem materiais biocompatíveis, assim como os strain gauges obtidos a partir da técnica GoP (Graphite on Paper). Implantes inteligentes capazes de medir em tempo real a pressão arterial, próteses com sensoriamento tátil a fim de melhorar a experiência dos usuários etc.

Os sensores strain gauge funcionam com base na variação da resistência elétrica. Eles são constituídos de um substrato no qual é depositado um material semicondutor, que, posteriormente, é posicionado em uma superfície. Na presença de tensões mecânicas, ocorre uma deformação na superfície e conseqüentemente no material semicondutor, que tem a sua resistência elétrica alterada.

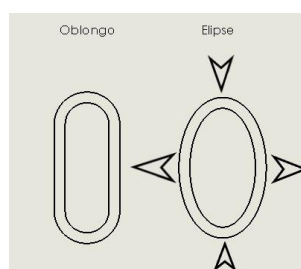
Essa variação de resistência é tratada por circuitos elétricos e tem suas características definidas. Usando os dados de deformação do strain gauge, junto com as características mecânicas do material da superfície em que o sensor foi posicionado, basta aplicar a lei de Hooke para determinar qual a tensão atuante na superfície.

$$F = k \cdot \Delta \tag{1}$$

onde, **F**, é a força aplicada sobre o corpo, **K**, a constante elástica ou de proporcionalidade e, **Δ**, a deformação mecânica.

O tubo de Bourdon consiste em um tubo achatado com o perfil similar a um oblongo, que, quando exposto a sistemas pressurizados, se deforma tendendo a um formato elíptico(Figura 1). A deformação do perfil gera uma deformação no tubo. O tubo pode possuir diferentes formatos, em c, espiral e helicoidal conforme ilustra a Figura 2 (a, b, c).

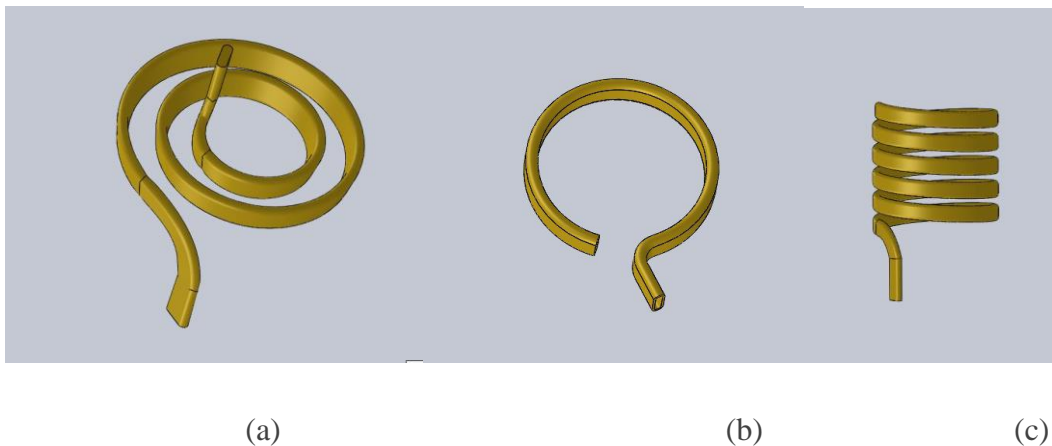
Figura 1: Perfil do tubo de Bourdon





Fonte: Autor

Figuras. 2. Ilustração dos tubos tipo Bourdon na forma, espiral, C e helicoidal.

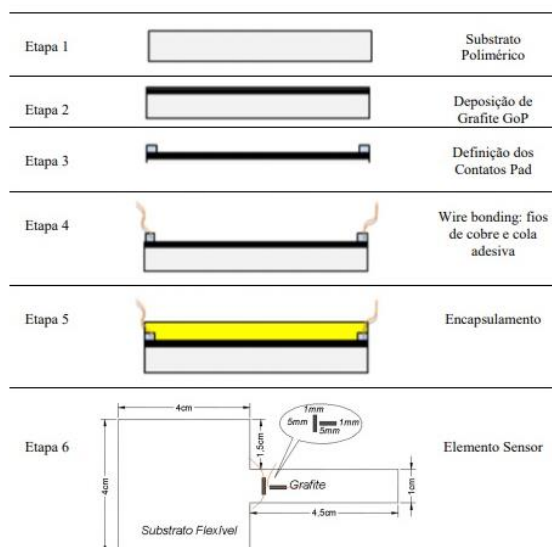


Fonte: Autor.

**METODOLOGIA**

A fim de determinar o melhor local para posicionar um strain gauge em um tubo de Bourdon, foram feitas simulações utilizando o software Dassault - SolidWorks, com o uso das ferramentas de simulação a partir do método de elementos finitos(MEF).

Os piezoresistores ou strain gauges são fabricados usando os métodos mostrados na Figura 3.





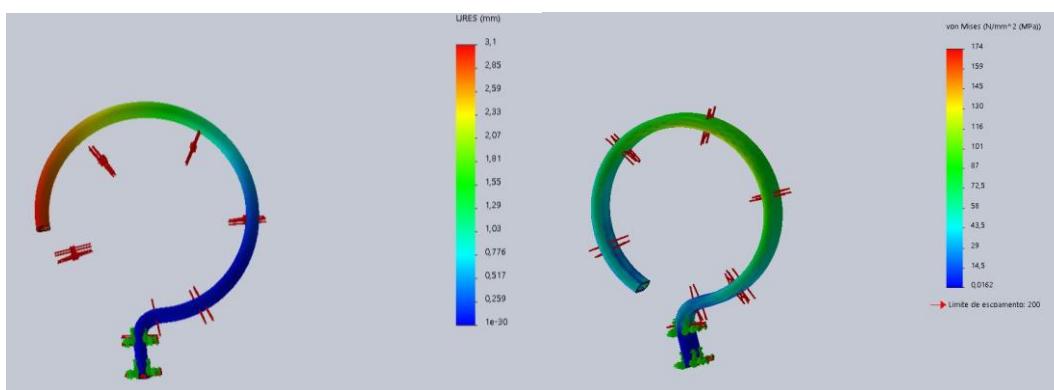
Fonte: Autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para possuir a melhor sensibilidade, o strain gauge precisa ser posicionado no ponto de maior tensão mecânica e, conseqüentemente, deformação da superfície em estudo.

O estudo foi feito em um tubo com parede de 1mm, em um perfil oblongo com dimensões de 8mm entre centro e 2 mm de raio. O material do tubo que foi simulado é o latão DIN 2.0367(CuZn40) .

Figuras 4: Resultados do deslocamento e distribuição de tensões.



(a)

(b)

Na figura 4 (a) observa-se a deflexão mecânica máxima do tubo, que foi de 3,1mm na região em vermelho. E na figura 4 (b) é mostrada a distribuição de tensões mecânicas no tubo que se dá de forma uniforme atingindo o pico de 184 Mpa.

Concluindo assim, que a melhor posição para posicionar o strain gauge é fixa a extremidade do tubo destacada em vermelho na figura 4 (a).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostrou as etapas de processo de fabricação de piezoresistores para detecção das deformações mecânicas em tubos de Bourdon e identificou através de simulações matemáticas a melhor posição para posicionamento dos piezoresistores, visando aproveitar a região de maior deflexão mecânica do tubo analisado para a fabricação de um dispositivo sensor de pressão.



## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a FAPERGS e ao CNPq pelo apoio financeiro na forma de bolsas de estudo e inovação tecnológica.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1]. RASIA, L. A. ; Valdiero, A. C. ; RICHTER, R. R. M. . Modelamento matemático de elementos sensores piezoresistivos. In: Paulo Sausen; Airam Sausen. (Org.). Pesquisas Aplicadas em: Modelagem Matemática. 1ed. Ijuí: Unijuí, 2012, v. 2, p. 16-31.
- [2]. Gabbi, R., Rasia, L. A., Valdiero A. C., Gabbi, M. T. T. An approach for computational simulation of the elements piezoresistives of graphite, International Journal of Development Research, 19150 – 19155 (2018).
- [3]. Rasia, L. A., Pedrali, P. C., Furlan, H., Fraga, M. A. Design and characterization of graphite piezoresistors in paper for applications in sensor devices, J. C. Figueroa-García et al. (Eds.): WEA 2019, CCIS 1052, pp. 577–583. Springer Nature Switzerland (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31019-6\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31019-6_48).
- [4]. RAKOWISKI, A. L. Piezoresistive Sensor Made of Graphit Films Deposited by Direct Friction In: VIII International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum, 2015, Puebla - México. SMCTSM - ICSMV - Proceedings. Puebla - México: Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superfícies y Materiales A.C., 2015. v.1. p.456 - 45.
- [5]. Tobjörk, D. Österbacka, R. Paper Electronics, Adv. Mater. (2011), 23, 1935–1961. doi: 10.1002/adma.201004692.