

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

ANÁLISE DO ERRO DE MEDIÇÃO ASSOCIADO A ESTRUTURA DE UMA MÁQUINA DE CARACTERIZAÇÃO DE EXTENSÔMETROS UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS¹

ANALYSIS OF THE MEASUREMENT ERROR ASSOCIATED WITH THE STRUCTURE OF AN EXTENSOMETER CHARACTERIZATION MACHINE USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Edmilton Oliveira Stein², Patrick de Paula Borges³, Lucas Schwertner⁴, Carlos Augusto Valdiero⁵, Ana Caroline Soares Aquino⁶, Luiz Antônio Rasia⁷

¹ Projeto de pesquisa institucional desenvolvido no Grupo de Pesquisa em Materiais e Dispositivos (GPMaD) vinculado ao projeto Modelagem Matemática de Dispositivos Sensores Piezoresistivos.

² Bolsista PIBITI/CNPq e acadêmico do curso de Engenharia Mecânica na UNIJUI; e-mail: e_stein@outlook.com.

³ Bolsista PIBITI/CNPq e acadêmico do curso de Engenharia Mecânica na UNIJUI. e-mail: patrickpborges@hotmail.com.

⁴ Bolsista PIBIC/CNPq e acadêmico do curso de Engenharia Mecânica na UNIJUI; e-mail: lucaschwertner@gmail.com.

⁵ Acadêmico do curso Ciência da Computação no IFRS; e-mail: carlos_valdiero@hotmail.com.

⁶ Bolsista PROBIC/FAPERGS e acadêmica do curso de Engenharia Mecânica na UNIJUI; e-mail: ana.aquino@sou.unijui.edu.br.

⁷ Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias na UNIJUI; Líder do Grupo de Pesquisa em Materiais e Dispositivos, GPMaD; Orientador do Estudo; e-mail: rasia@unijui.edu.br.

INTRODUÇÃO

Extensômetros, também conhecidos como *strain gauges*, são dispositivos capazes de converter deformações mecânicas em sinais elétricos, tendo aplicações nas mais diversas áreas como aeronáutica, médica, construção civil e robótica (MAPA, 2018). Toda essa demanda e diversidade de aplicações acaba por despertar o interesse pela pesquisa de diferentes materiais, técnicas de fabricação e concepções dos mais diversos transdutores e sensores para essa finalidade. Em que o grupo de pesquisa chamado GPMaD (Grupo de Pesquisa em Materiais e Dispositivos) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI, visa tirar vantagem do potencial de aplicação de sensores fabricados por meio da técnica GOP (*Graphite on Paper*) para utilização, dentre outras aplicações, como *strain gauges*.

A técnica GOP, consiste na deposição mecânica do grafite, elemento sensor, sobre um substrato de papel. Essa combinação apresenta-se promissora em razão desta apresentar apenas materiais orgânicos em sua composição, caracterizando-se como ecologicamente corretos e biocompatíveis. Além de possuir um baixo custo de fabricação atrelado ao seu processo de fabricação, este que possui uma baixa complexidade por envolver apenas processos mecânicos (KANAPARTHI, 2017). Contudo, antes que esta concepção possa ser utilizada como um sensor, é necessário que se faça uma investigação minuciosa de todas as suas propriedades, o que necessita de uma série de equipamentos.

Dentre os equipamentos utilizados para a caracterização desses sensores, está uma máquina que traciona as amostras de material de forma controlada, mensurando a força aplicada e o alongamento das mesmas. O primeiro protótipo utilizado para tal função, na UNIJUI, é o apresentado na dissertação de Andrades (2019), que está recebendo um *upgrade* para uma nova versão totalmente automatizada. Este que se estende desde a parte eletrônica até a substituição de sua estrutura principal. Esta última que é o objeto de estudo no presente trabalho.

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

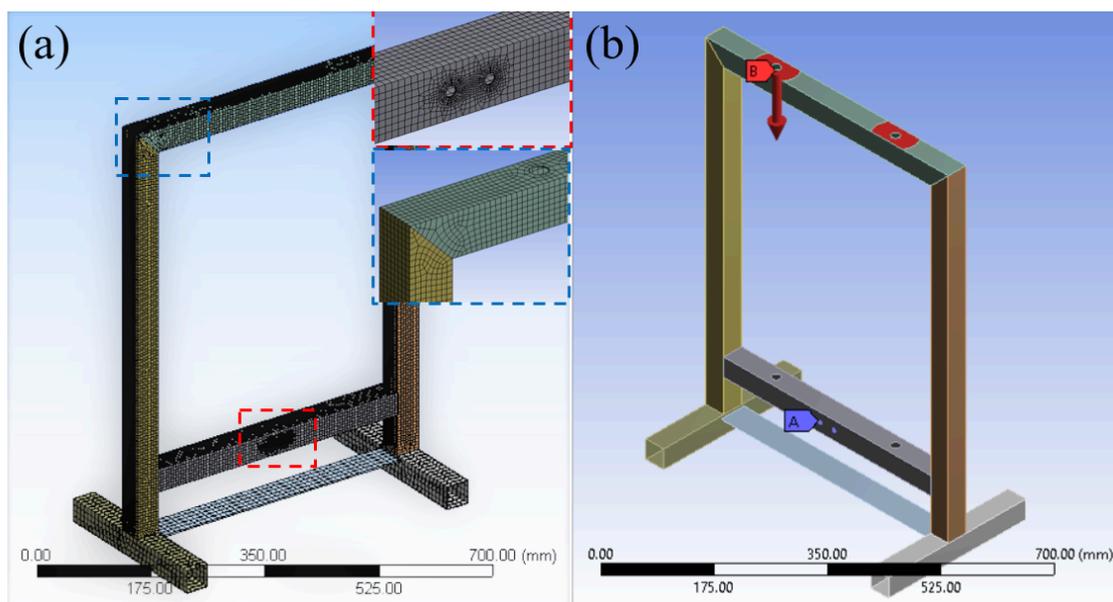
A estrutura consiste em um quadro formado por tubos quadrados, cuja função é dar suporte a todos os componentes da máquina, desde motores a sensores. Esta que necessita ser robusta o suficiente, não somente para resistir as cargas, mas também não apresentar demasiada deformação durante a realização dos ensaios, para que desta forma não agregue erros significativos à medida de alongamento das amostras, visto que o sensor que monitora o alongamento das mesmas é fixado na sua base. Assim, este trabalho visa avaliar por meio do Método de Elementos Finitos, utilizando o *software* CAE (*Computer Aided Engineering*) ANSYS Workbench, a contribuição da estrutura no erro de medição do alongamento das amostras dos sensores fabricados pela técnica GOP.

METODOLOGIA

É utilizado o *software* CAD (*Computer Aided Design*) Dassault SolidWorks para gerar o sólido da estrutura, para sua posterior análise. O projeto desenvolvido neste *software* consiste em uma montagem composta de sete peças, das quais seis são obtidas de tubos quadrados com dimensões 40x40 mm com parede de 1,2 mm, fabricados em aço carbono SAE 1010 de acordo com a norma NBR 6591/81. E a peça remanescente é obtida de uma barra chata de 50,8x3,175 mm do mesmo material. O aço carbono SAE 1010 é conhecido por possuir módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson médio de 200 GPa e 0,29, respectivamente.

Em virtude de os componentes da estrutura possuírem pequenas espessuras, estes podem ser considerados como uma casca durante a realização da análise por elementos finitos, desta forma economizando tempo de simulação e processamento. Para uma simulação utilizando elementos de duas dimensões, primeiro é necessário preparar o objeto a ser estudado. Ou seja, é preciso remover as espessuras dos componentes de forma a transformá-los em uma casca, tarefa desenvolvida utilizando o *software* CAD ANSYS SpaceClaim.

Figura 1 - Malha, cargas e suportes da estrutura.



Fonte: Própria do autor (2020).

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

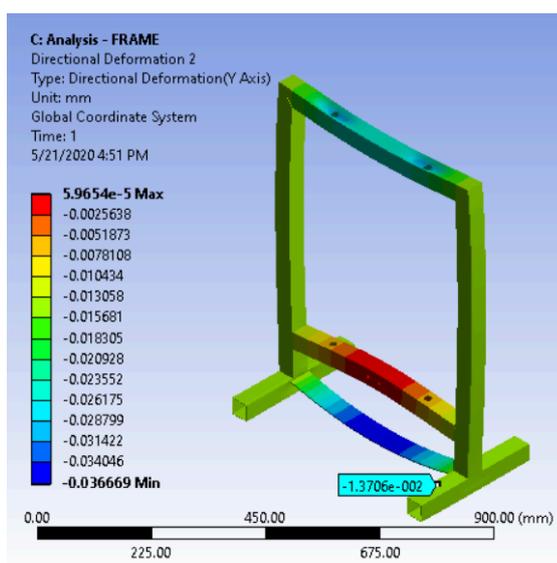
Com a montagem composta de elementos de duas dimensões é possível dar início à análise numérica nos recursos do *software* CAE (*Computer Aided Engineering*) ANSYS Mechanical. Que pode ser resumido em três etapas, geração da malha, aplicação de cargas e restrições, e análise dos resultados. A malha é gerada utilizando elementos parabólicos bidimensionais, e como métrica de avaliação da malha é utilizado seu *skewness*, cujo valor não deve ser superior a 0,75 e preferencialmente inferior a 0,5 em zonas com alto gradiente de tensões. A malha resultante da última análise, ou seja, após um refinamento para avaliação dos resultados pode ser observada na Figura 1 (a).

Devido a nova concepção, em que o sensor de deslocamento está fixado na base da estrutura e sua outra extremidade nas castanhas superiores, qualquer deformação da estrutura localizada na parte superior ao ponto A (Figura 1 (b)) não contribui para o erro de medição, e pode ser desconsiderada neste estudo. Logo, este local é julgado ser o melhor ponto para posicionar o suporte para posteriormente, posicionar um “ponto de prova” na base da estrutura. Na realização da simulação é utilizada uma faixa de aplicação de força entre 10 N e 100N, localizada no local destacado em vermelho na Figura 1 (b), faixa de trabalho do equipamento, em virtude de este ser o local onde encontra-se as reações geradas pela tração dos fusos. E por fim, é verificado se os resultados são relativamente independentes da malha por meio de um refinamento da mesma, e análise se estes não sofreram uma alteração significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado é obtido o deslocamento do ponto A (Figura 1 (b)), onde é fixada as amostras em relação a base, onde é fixado o sensor de deslocamento para mensurar o alongamento das amostras. Na Figura 2 pode ser observado o resultado da análise do deslocamento vertical, utilizando a carga máxima de 100 N, e com a malha já refinada, em que é verificado que o deslocamento entre os pontos anteriormente mencionados é 13,706 μm .

Figura 2 - Análise utilizando uma carga de 100 N.

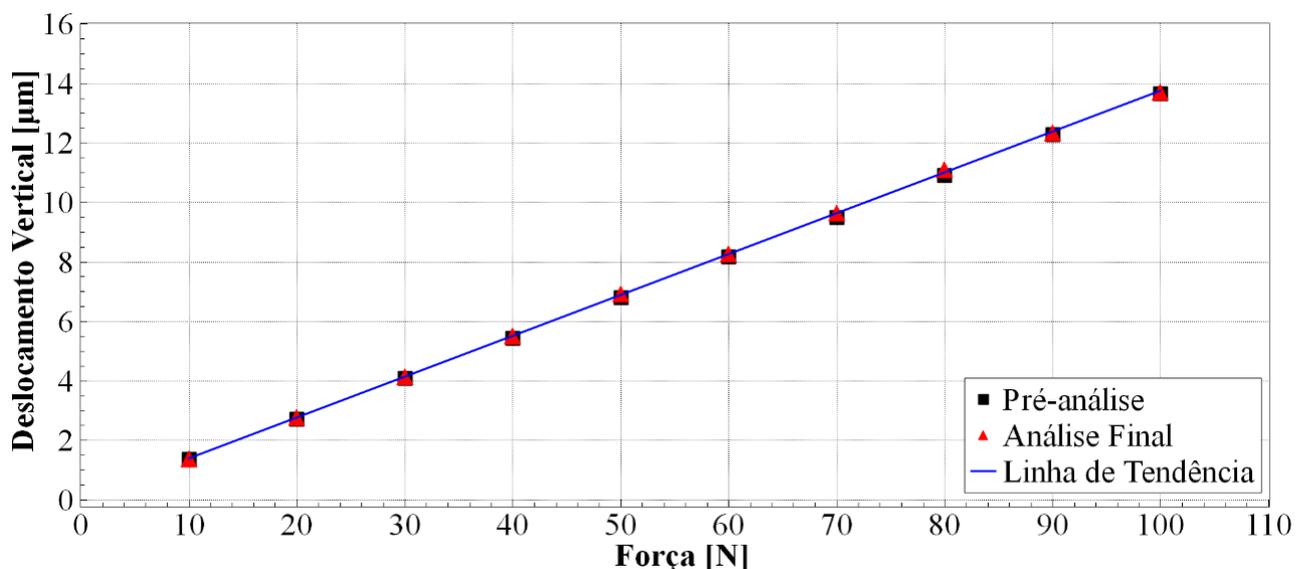


Fonte: Própria do autor (2020).

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
 ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Na Figura 3 pode ser observada a contribuição do erro gerado pela deformação na estrutura sobre a medição do sensor de deslocamento. Ou seja, estes valores de deslocamento vertical são medidos pelo sensor de deslocamento linear, porém não fazem parte do alongamento das amostras (objetivo necessário para caracterização dos sensores GOP), de forma que ficam adicionados ao valor de alongamento das mesmas durante os ensaios, se caracterizando como um erro.

Figura 3 - Erro de leitura do sensor de deslocamento linear gerado pela deformação da estrutura.



Fonte: Própria do autor (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É analisado pelo método de elementos finitos a contribuição da estrutura para caracterização de sensores *strain gauges*, desenvolvida no grupo GPMaD, no erro de medição do deslocamento linear das castanhas de uma máquina para caracterização de sensores de grafite, este que é utilizado para obter o alongamento das amostras ensaiadas. A estrutura é projetada utilizando o *software* CAD Solidworks e a análise numérica é realizada utilizando os recursos CAD/CAE ANSYS Workbench.

Por meio deste estudo é possível concluir que o erro ocasionado pela deformação da estrutura é diretamente proporcional a força de ensaio utilizada. E que o erro máximo gerado na medição do alongamento das amostras é de 13,706 μm . Esse estudo contribui para a compreensão da precisão da máquina para a realização dos testes dos sensores piezoresistivos. Ainda, em razão deste erro ser linear e sistemático, é possível utilizar a equação da reta para corrigir o mesmo caso as castanhas do equipamento não acarretem em erros adicionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CNPq, FAPERGS e UNIJUÍ pela disponibilização de recursos que tornaram possível a realização deste trabalho.

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADES, Carlos Eduardo. **MODELAGEM MATEMÁTICA E APERFEIÇOAMENTO DAS TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE ELEMENTOS SENSORES DE GRAFITE**. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelagem Matemática, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2019.

KANAPARTHI, S., BADHULIKA, S. **Low cost, flexible and biodegradable touch sensor fabricated by solvent-free processing of graphite on cellulose paper**. Sensors and Actuators B: Chemical, 242, 857-864 (2017).

MAPA, Ludmila Marotta. **Desenvolvimento de extensômetro orgânico ultrasensível e de metodologia para melhorar o desempenho elétrico de dispositivos vestíveis**. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Redemat, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

Parecer CEUA: 013/18