

## **Sistema de Posicionamento Tri-dimensional Automatizado para Realização de Ensaios Magnéticos Não Destrutivos**

**Aluno: Michel Cardonsky Caspary**  
**Orientador: Antonio Carlos Oliveira Bruno**

### **Introdução**

Ensaio Não Destrutivo (END) consiste no desenvolvimento e aplicação de métodos e técnicas para análise de materiais ou componentes, de forma a não alterar suas características ou prejudicar seu uso futuro. Seu objetivo é o de detectar, localizar e avaliar descontinuidades, defeitos e outras imperfeições, também analisar a integridade, propriedades e composição, e finalmente medir características geométricas.

Atualmente Ensaio Não Destrutivo tem grande importância no estudo e desenvolvimento de novos materiais, na prevenção de acidentes e na preservação do meio ambiente. Estes métodos são utilizados, por exemplo, para determinar regiões críticas em estruturas, componentes e equipamentos usados na indústria do petróleo. Como estas estruturas estão sujeitas a fenômenos como fadiga, stress e corrosão, o aparecimento de defeitos como fissuras é muito provável. Estas fissuras podem crescer de forma a causar eventos desastrosos. Ensaio magnético consiste na aplicação de campo magnético ou corrente elétrica no material e no mapeamento do campo magnético resultante. Na presença de alguma alteração, a distribuição espacial do campo magnético será diferente da esperada permitindo a detecção, localização e caracterização do defeito.

### **Objetivos**

Com o aumento da produção de petróleo e derivados é preciso intensificar os cuidados com o transporte desses produtos. Uma aplicação importante de END é o ensaio da integridade de tubulações que é realizado através de dispositivos que aplicam campo magnético na parede da tubulação e medem a resposta de forma a detectar áreas de diminuição de espessura causadas por corrosão. Para realização de testes com sensores de magneto-resistência gigante, magneto-impedância gigante e com magnetostricção gigante, iremos projetar um sistema de posicionamento para realização de mapeamentos tridimensionais. Este sistema permitirá a inspeção de estruturas com geometrias complexas em busca de trincas e áreas de corrosão. Será também construído um outro sistema para medida de deslocamentos.

### **Metodologia**

Utilizando três atuadores, Zaber Precision Linear Actuators, foi feita a montagem de um sistema de posicionamento de sensores magnéticos, com capacidade para efetuar mapeamentos tridimensionais com resolução da ordem do micrômetro, em torno de diversas amostras metálicas.

A primeira montagem era feita de metal e consistia de vários elementos que contribuíram para o acentuado atrito durante a movimentação dos atuadores, e conseqüentemente a imprecisão da posição “real” do mesmo. Visando eliminar esta incerteza foi feito um outro dispositivo de acrílico e teflon, este muito melhor que seu predecessor, também trocamos os atuadores para modelos mais precisos e com maior alcance de forma a melhorar a precisão das medidas. Para diminuir a incerteza, por sua vez, disponibilizei um sistema de médias onde determinasse o número de medidas a serem efetuadas em cada ponto do espaço, calculando-se assim a média aritmética dessas medidas.

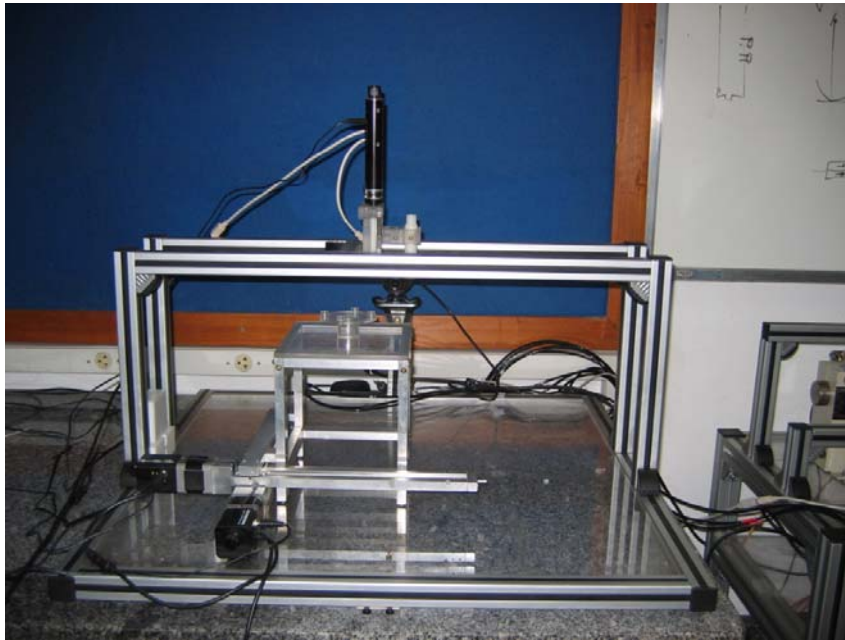


figura 1. Sistema de Posicionamento Tri-dimencional

Foram utilizados vários sensores para medição do campo magnético, um magnetômetro vetorial de efeito Hall (Figura 5), um Fluxgate, um sensor de magnetoresistência gigante, e extensômetros colados em materiais com magnetostricção gigante. Foi usada uma ponte de Wheatstone para leitura dos extensômetros e um interrogador de redes de Bragg em fibras ópticas (Figura 4).

Para a leitura do strain-gauge, utilizamos uma ponte de Wheatstone da National Instruments PXI-4220 (Figura 4). Antes de utilizá-la com o strain-gauge, fizemos a verificação do equipamento através da utilização de uma resistência variável General Radio USA Decade Resistor 1433-F de precisão  $0.01 \Omega$  e TINSLEY ZX74 D.C. Resistance de precisão  $0.001 \Omega$ . A resistência foi variada, no caso da primeira, de  $0.01 \Omega$  a partir de  $350,00 \Omega$  até  $350.09 \Omega$ , e a experiência foi repetida várias vezes, e de  $0.001 \Omega$  a partir de  $350.100 \Omega$  até  $350.110 \Omega$ . Finalmente foi concluído que não há “ruído” nem perda de sinal significativos no equipamento, pois os valores de strain teórico (calculado pela seguinte fórmula  $\rightarrow \text{strain } \epsilon = (R-R_g) / (S_g * R_g)$  onde  $S_g = \text{gage factor} = 2$ ,  $R_g = \text{resistência inicial} = 350,00 \Omega$  e  $350.100 \Omega$ , e  $R$  varia) quase coincidiram com os valores experimentais (Figuras 2 e 3). Essa experiência comprova que a resolução do nosso equipamento é de  $1 \mu\epsilon$  (microstrain) como especificado pelo fabricante.

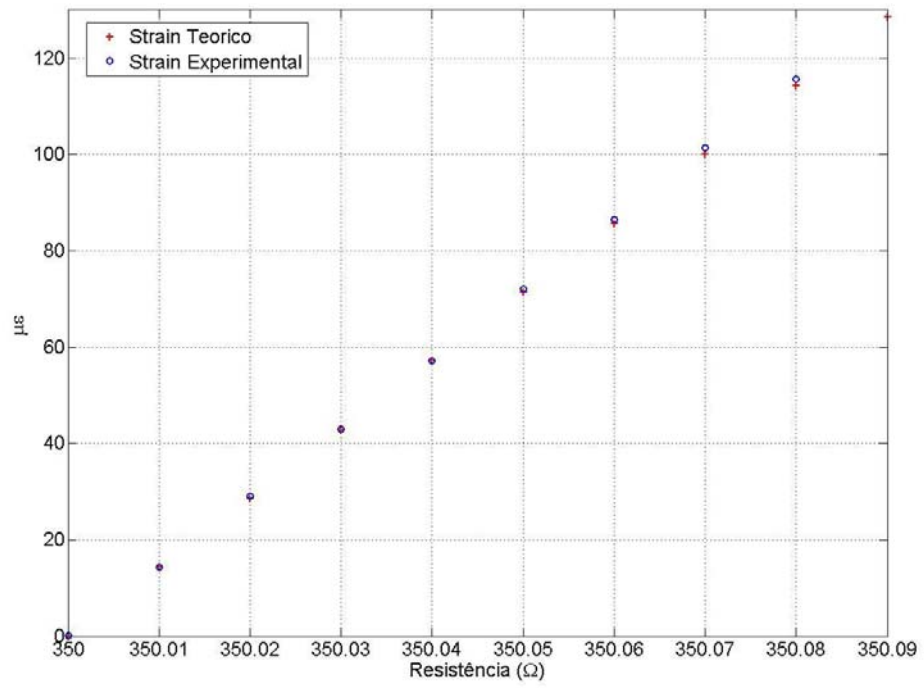


Figura 2. Medidas do Strain

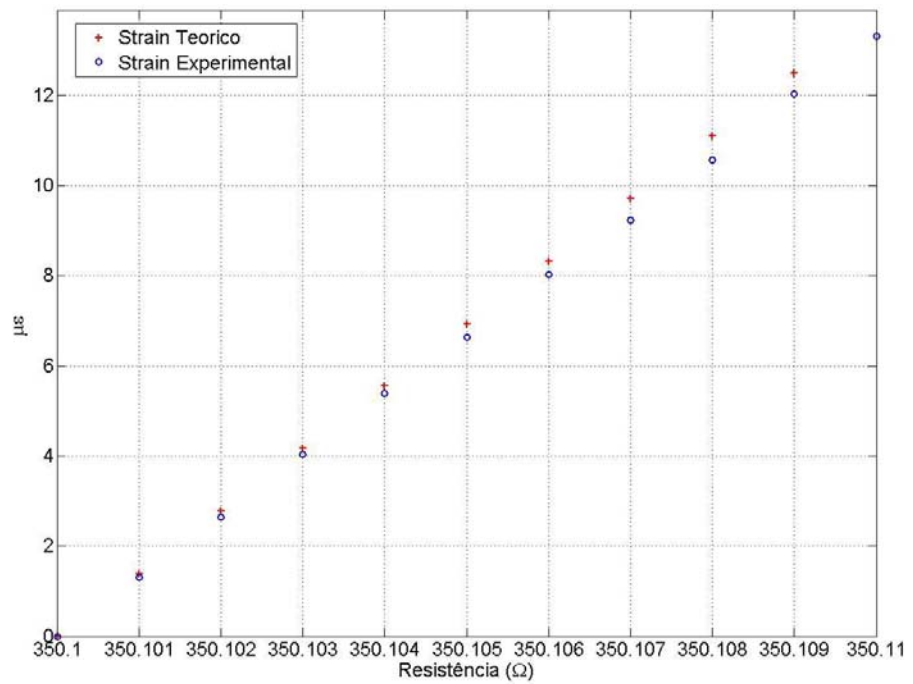


Figura 3. Medidas do Strain (continuação)



Figura 4. Em cima um interrogador de redes de Bragg da Micron Optics e em baixo uma ponte de Wheatstone da National Instruments



Figura 5. Magnetômetro vetorial de efeito Hall F. W. Bell 9950





Figura7. Painel XYZ para medição de strain e campo magnético.

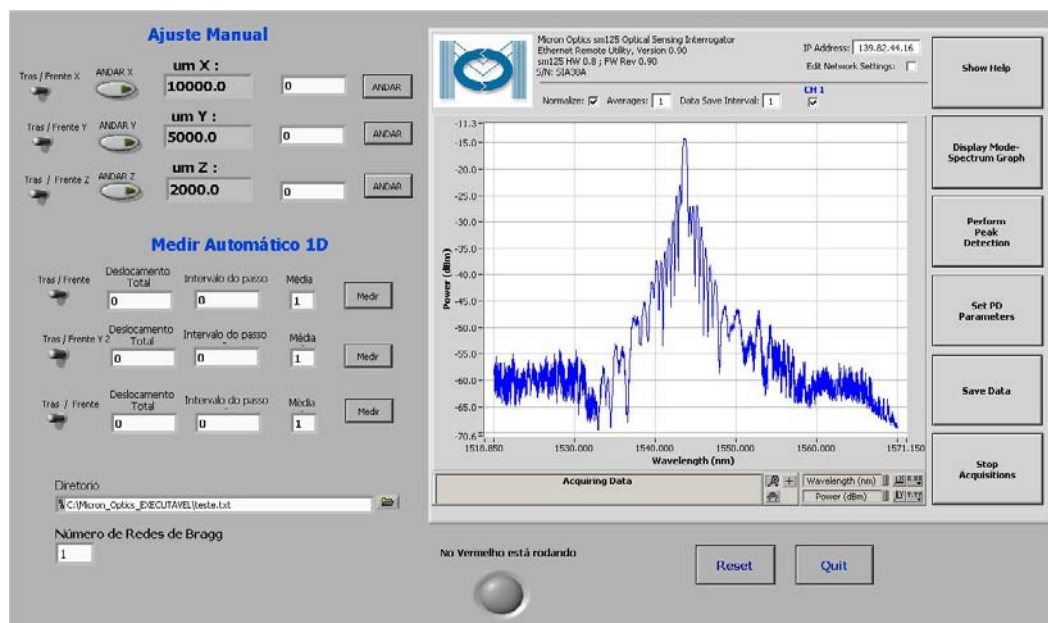


Figura8. Painel XYZ para medição de comprimentos de onda.

Como pode-se ver estes painéis são bem simples de serem manejados e são divididos em 4 partes principais, o Ajuste Manual, Movimentação Relativa, Medição automática e a Medição Contínua. Cabe salientar que sempre quando iniciado o programa os atuadores devem estar em suas posições de origem.

No Ajuste manual o usuário seta se deseja andar para a trás ou para frente e o atuador se move de  $200\mu\text{m}$  em  $200\mu\text{m}$  enquanto se estiver pressionando o botão de “andar”.

Na Movimentação Relativa se digita o quanto se deseja movimentar a partir da posição atual. Caso queira andar para trás digita-se o sinal de “-“ (negativo) antes do número,  $-500\mu\text{m}$ , por exemplo.

Na Medição Automática se escolhe se deseja medir para frente ou para trás, depois se diz qual o deslocamento total do atuador, o intervalo que deve conter cada passo, e a média que significa o número de medidas para aquiritar em cada ponto e faz-se uma média dessas medidas. O atuador então se move conforme o padrão requisitado efetuando estas medidas e gerando um arquivo texto com a posição dos três atuadores e a medida efetuada neste ponto.

A parte de Medição contínua serve somente como informação. Enquanto se está movendo o atuador pode-se “ligar” esta opção e ver na tela o valor da medida desejada na posição atual.

### **Conclusões**

Foram desenvolvidos um conjunto de programas para controle e posicionamento de sensores magnéticos e aquisição de dados utilizando a linguagem Labview. Os atuadores podem funcionar de maneira independente, possibilitando um posicionamento tri-dimensional e mapeamentos unidimensionais, bi-dimensionais e tri-dimensionais, automatizados, de amostras utilizando os sensores mencionados anteriormente. Foram desenvolvidos também alguns aplicativos em MatLab para leitura, análise e reconhecimento dos resultados obtidos.

### **Referências**

- Handbook of Giant Magnetostrictive Materials, Goran Engdahl, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden.
- PATON, E. B. Sensors Transducers & LabVIEW. Dalhousie University: Virtual Instruments Series, 1999.
- Model9950 Gauss/Teslameter Instruction Manual. F.W. Bell, 1996.
- Zaber T-Series Positioning Products User's Manual. Zaber Technologies Inc, 2004.
- MatLab The Language of Technical Computing, The MathWorks Inc.