

# **SISTEMA DE POSICIONAMENTO TRI-DIMENSIONAL AUTOMATIZADO PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS MAGNÉTICOS NÃO DESTRUTIVOS**

**Aluno: Michel Cardonsky Caspary**

**Orientador: Antonio Carlos 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 desde os estágios de fabricação do material até na monitoração de sistemas já em uso, como, por exemplo, para determinar regiões críticas em estruturas, componentes e equipamentos usados na indústria da aviação, energia nuclear, processamento químico e na indústria do petróleo. Como estas estruturas estão sujeitas aos fenômenos de fadiga, stress e corrosão, o aparecimento de defeitos como fissuras é muito provável. Estas fissuras podem crescer de forma a causar o comprometimento do componente ou estrutura, com defeitos desastrosos.

Os Ensaio magnético consistem 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 em dutos que é realizado através de dispositivos que impulsos pelo próprio líquido aplicam campo na parede do duto e medem a resposta de forma a detectar áreas de diminuição de espessura causadas por corrosão. No caso de dutos de pequeno diâmetro não é possível utilizar os dispositivos convencionais porque, devido à geometria do problema, os campos aplicados aos dutos são de baixa intensidade. Para realização de testes com sensores de magneto-resistência gigante, magneto-impedância gigante e com magnetostricção gigante, será projetado um sistema de posicionamento para realização de mapeamentos tri-dimensionais. Este sistema permitirá também a inspeção de estruturas com geometrias complexas em busca de trincas e áreas de corrosão.

## **Metodologia**

Utilizando três atuadores, Zaber Precision Linear Actuators, foi feita a montagem de um sistema de posicionamento (figura 1), posicionados nos três eixos ortogonais, sendo assim capaz de efetuar mapeamentos tri-dimensionais 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 e este mesmo foi muito melhor que seu

predecessor, mas ainda o encaixe dos componentes não é perfeito e, portanto, ainda existe certa imprecisão envolvida nas medidas feitas. Esta incerteza por sua vez é diminuída aumentando-se o número de medidas efetuadas em um mesmo ponto do espaço e calculando-se a média destas.



Figura 1. Sistema de Posicionamento Tridimensional.

Foram utilizados três sensores para medição do campo magnético, um magnetômetro vetorial de efeito Hall F. W. Bell 9950 (Figura 5), uma ponte de Wheatstone para leitura de 2 strain-gauges e um interrogador de redes de Bragg em fibras ópticas (Figura 4). Nestes dois últimos, o strain-gauge e a fibra óptica estavam colados em um cubóide com magnetostricção gigante.

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  $\rightarrow$  strain  $\epsilon = (R - R_g) / (S_g * R_g)$  onde  $S_g =$  gage factor = 2,  $R_g =$  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.

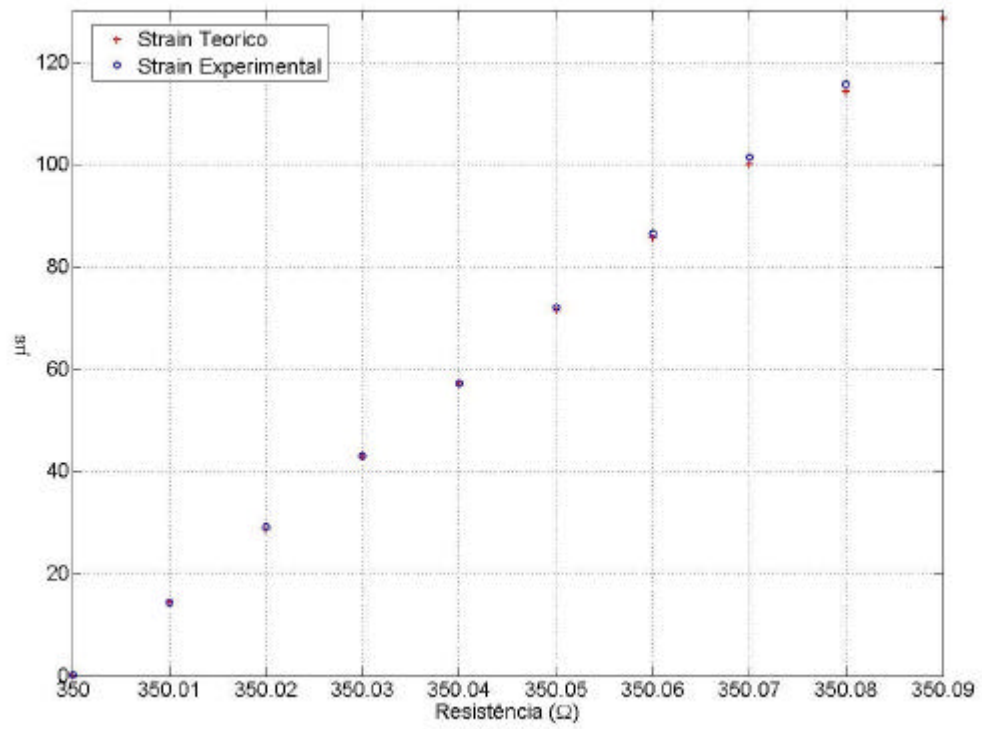


Figura 2. Medidas do Strain.

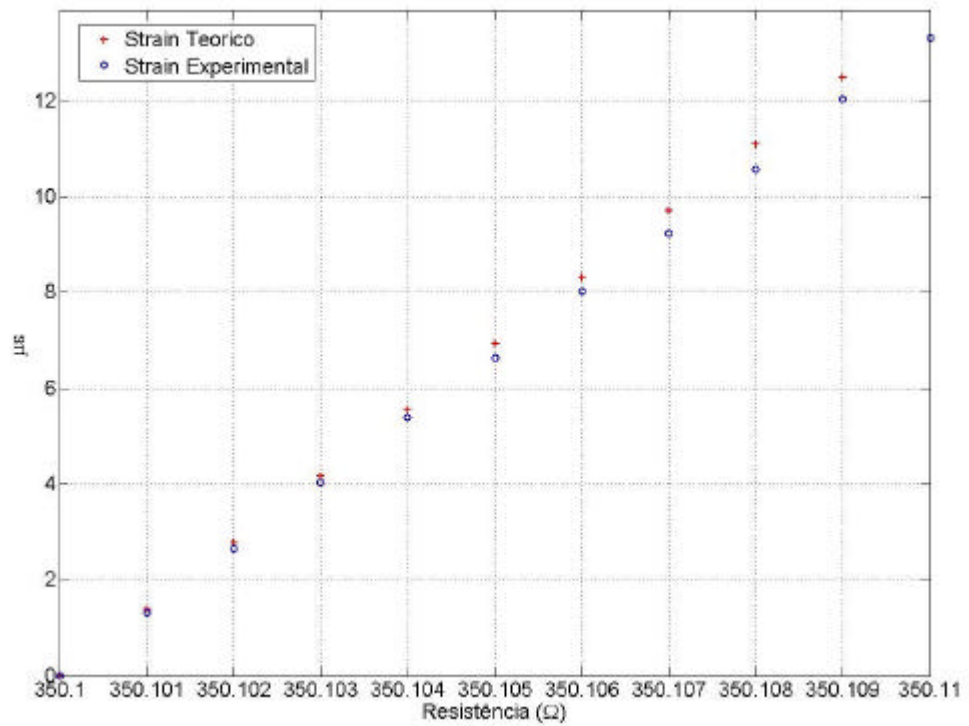


Figura 3. Medidas do Strain (continuação).



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



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

Iniciou-se então um estudo do MatLab6.0 e do ambiente LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). O LabVIEW é uma linguagem de programação totalmente voltada para aquisição de dados, análise de dados, simulações e controles computadorizados de instrumentos. O LabVIEW é uma linguagem orientada a objetos completamente diferentes das linguagens usuais, onde todas as operações são realizadas ligando-se diferentes blocos de comandos chamados de sub-Vis. No LabVIEW várias instruções são realizadas ao mesmo tempo, não existindo uma linearidade e ordem de execução pré-definida.

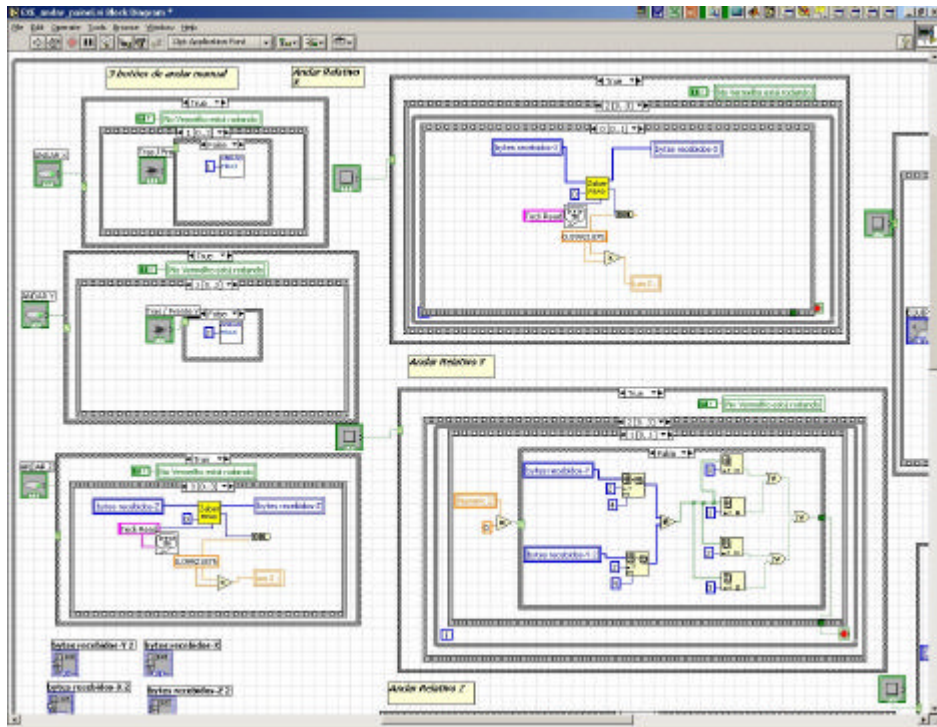


Figura 6. Parte do código fonte de um dos programas feito em LabVIEW.

Após o domínio da linguagem iniciou-se o desenvolvimento de diversos softwares. Os softwares desenvolvidos movimentam os atuadores fazendo com que os sensores se desloquem em torno das amostras, simultaneamente medindo a grandeza desejada. Gera-se assim um arquivo texto com a posição dos atuadores em cada eixo e o respectivo valor do campo magnético, comprimento de onda ou strain. Esses arquivos textos são então lidos por programas feitos em Matlab, gerando gráficos para análise dos resultados obtidos.

Ao término do desenvolvimento dos softwares foram feitos diversos testes de performance atestando a funcionalidade dos sistemas criados.



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

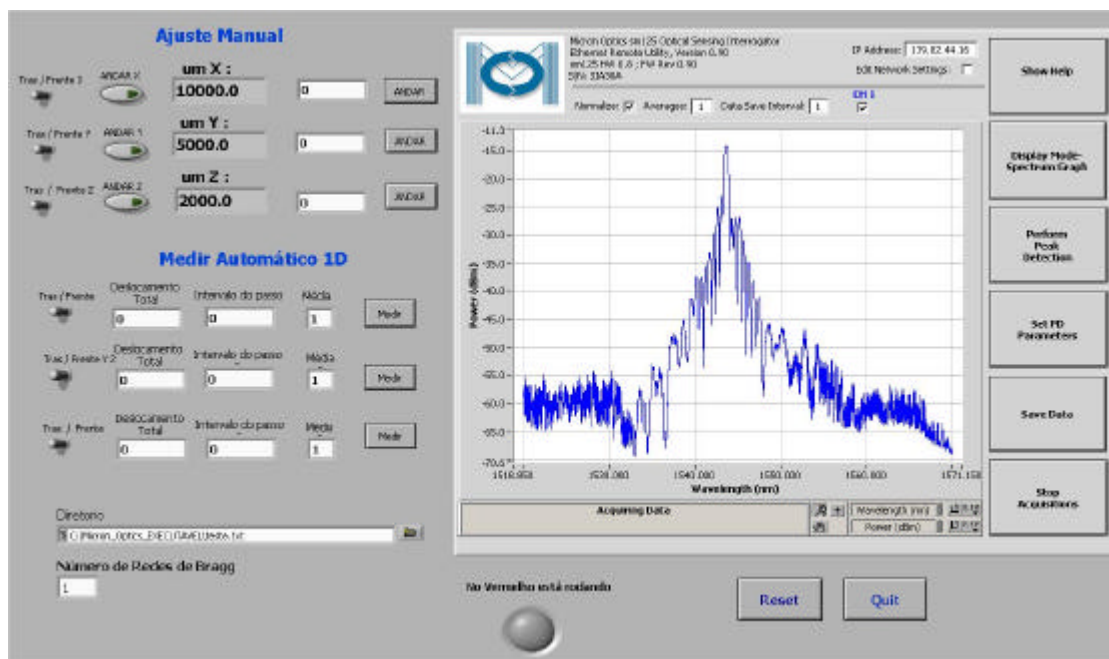


Figura8. Painel XYZ para medição de comprimentos de onda.

Como se pode ver estes painéis são bem simples de serem gerenciados 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, o que é feito sempre que se desliga o programa.

No Ajuste manual o usuário seta se deseja andar para atrás 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 atrás se digita o sinal de “-“ (negativo) antes do número,  $-500\mu\text{m}$ , por exemplo.

Na Medição Automática seta se se deseja medir para frente ou para atrás, depois se diz qual o deslocamento total que o atuador terá, o intervalo que deve conter cada passo, e a média, que significa o número de medidas para adquirir 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 grandeza lida 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 diversos programas para controle e posicionamento dos atuadores e aquisição de dados, em LabVIEW 7. Três atuadores que funcionam de forma independente, possibilitam um posicionamento tri-dimensional e mapeamentos unidimensionais e bi-dimensionais, automatizados, de amostras utilizando os vários sensores listados anteriormente. Foram desenvolvidos também alguns aplicativos em Matlab para leitura e reconhecimento dos resultados obtidos.

Decorrente do trabalho realizado foi submetido e aceito um artigo no periódico *Sensors and Actuators: Physical* intitulado: "Remote Magnetostrictive Position Sensors Interrogated by Fiber Bragg Gratings". Autores: H. R. Carvalho, A. C. Bruno, A. M. Braga, L. C. G. Valente, A. L. C. Triques and M. C. Caspary.

### **Referências**

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.