DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE EXPERIMENTOS PARA AUXÍLIO DIDÁTICO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

José M. R. de S. Neto – jose.neto@ee.ufcg.edu.br
Tony C. M. Cavalcanti – tony.cavalcanti@ee.ufcg.edu.br
Prof. Dr. José S. da R. Neto – zesergio@dee.ufcg.edu.br
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Departamento de Engenharia Elétrica, Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle (UFCG-CEEI-DEE-LIEC)
Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó
58429-900 – Campina Grande – Paraíba

Resumo: *A proposta neste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um conjunto de experimentos visando o auxílio didático nas disciplinas: Instrumentação Eletrônica e Sistemas de Aquisição de Dados e Interface do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Usa-se como base as ementas das disciplinas que abrangem tópicos como: conversão analógico/digital, condicionamento de sinais transdutores, linearização, deslocamento de nível, filtragem, chaves analógicas, uso de instrumentos de medição. Para o comprimento de tais objetivos realizou-se uma seleção dos assuntos de fácil implementação prática e que trouxesse um máximo de aproveitamento para o desenvolver das atividades de engenharia. Os experimentos foram desenvolvidos com o uso de um sistema de aquisição de dados (NI USB-6210 da National Instruments) em conjunto com o programa de instrumentação virtual, LabVIEW.*

Palavras chave: *Instrumentação Eletrônica e Virtual, Sensores, Experimentos.*

1. INTRODUÇÃO

As disciplinas Instrumentação Eletrônica e Sistemas de Aquisição de Dados e Interface do curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande, tem uma importância significativa por fazer parte do grupo de conteúdos profissionais específicos.

A parte teórica da disciplina é abordada de maneira satisfatória, fazendo com que o aluno adquira uma boa base acerca dos conteúdos ministrados, entretanto, é interessante que o estudante realize alguns experimentos, estudando alguns sistemas de sensoriamento e controle de maneira que ele possa aplicar os seus conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Neste trabalho descreve-se uma plataforma de experimentos que possibilita ao aluno a utilização do programa de Instrumentação Virtual LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) associado com um *hardware* de aquisição de dados, comercializados pela National Instruments.

2. MATERIAIS

Neste ponto será feito uma descrição geral da plataforma, destacando alguns componentes principais. Uma breve abordagem sobre o *software* utilizado para fazer a instrumentação virtual, o LabVIEW; e uma apresentação sobre a placa de aquisição de dados que faz a interface entre o LabVIEW e plataforma de experimentos.

2.1 Plataforma de experimentos - uma descrição geral

A instrumentação desenvolvida para a plataforma de experimentos é composta de uma série de sensores e atuadores que podem ser monitorados e controlados por meio do sistema de aquisição de dados. Cada dispositivo pode ser operado isoladamente ou em conjunto, onde forma os experimentos ditos "casados", que compõem atividades de instrumentação, aquisição de dados e controle. Os experimentos implementados foram:

- Medição de inclinação usando acelerômetro;
- Medição de deformação usando *strain-gauge*;
- Medição de luminosidade usando LDR;
- Medição de temperatura de um módulo Peltier usando o LM35;
- Monitoramento cardíaco com o uso do osciloscópio;
- Medição de temperatura na liga de memória de forma (SMA - *Shape Memory Alloy*);
- Controle de temperatura ambiente usando o LM35;
- Medição de temperatura de um módulo Peltier usando o LM35.

Em conjunto com os experimentos foi desenvolvida uma forma de disponibilização do material confeccionado para os alunos, além da noção e implementação do chamado monitoramento remoto, ou seja, foi criada uma página na internet (http://labsdoze.googlepages.com) para visualização em tempo real do andamento dos experimentos. A Figura 1 é uma foto da plataforma completa exibindo os respectivos sensores e atuadores.

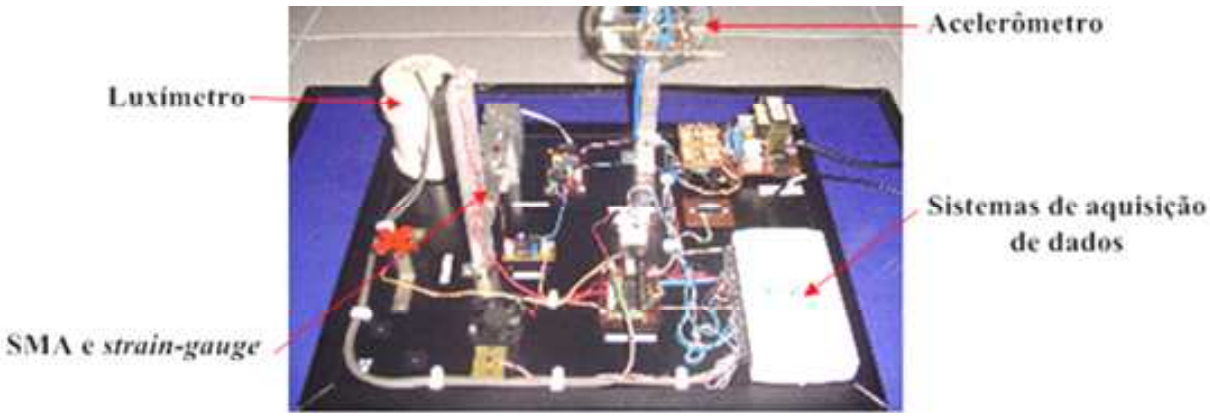


Figura 1: Foto da plataforma de experimentos.

2.2 LabVIEW - *laboratory virtual instrument engineering workbench*

LabVIEW é uma linguagem de programação gráfica que utiliza ícones, em vez de linhas de texto, para criar aplicações. Em contraste com as linguagens de programação baseadas em texto, em que instruções determinam a execução do programa, o LabVIEW utiliza programação baseada em fluxo de dados, onde o fluxo dos dados determina a execução. No LabVIEW, pode-se construir uma interface de usuário, utilizando um conjunto de ferramentas e objetos (NATIONAL INSTRUMENTS, 2000).

A interface de usuário é conhecida como Painel Frontal. A partir daí, pode-se adicionar o código utilizando representações gráficas de funções para controlar os objetos do painel frontal. O diagrama de blocos contém esse código que sob certos aspectos, assemelha-se a um fluxograma.

2.3 Sistema de aquisição de dados - NI USB-6210

Um sistema de aquisição de dados tem por finalidade a coleta de informação do mundo real de forma a gerar dados que podem ser manipulados por um computador ou um sistema com micro controlador. O sistema de aquisição de dados utilizado para a implementação dos experimentos foi o NI USB-6210, este é alimentado pela própria porta USB do computador, possui 16 entradas analógicas, 4 entradas digitais, 2 contadores/temporizadores de 32 bits, 4 saídas digitais e um gerador de freqüência (NATIONAL INSTRUMENTS, 2000).

3. EXPERIMENTOS

Com a plataforma pode-se realizar oito experimentos, nesta seção são descritos apenas os seguintes experimentos:

- Medição de Inclinação;
- Luxímetro com sensor de luminosidade;
- Medição de deformação com *strain-gauge*;

3.1 Medição de inclinação

A medição de inclinação é feita usando um sistema de acelerometria de forma que a aceleração gravitacional é referenciada como eixo central para os ajustes de inclinação. A medida da aceleração é uma característica física do sistema e é usada como entrada de alguns tipos de controladores, para corrigir algumas de suas condições dinâmicas.

Existem componentes que são sensíveis a esta grandeza (aceleração). O acelerômetro ADXL202 (ANALOG DEVICES LOW-COST, 2005) é um exemplo, que além de ser sensível a aceleração, também é sensível a inclinações. As saídas são tensões analógicas ou sinais digitais, dos quais os ciclos de trabalho são proporcionais à aceleração.

O circuito de condicionamento de sinal

O circuito integrado realiza a medição da grandeza e envia para o PC utilizando o sistema de aquisição de dados. Uma placa com o acelerômetro, confeccionada no LIEC, está sendo utilizada para a rotina de testes da plataforma de medição de inclinação. Esta placa contém, além do ADXL202, amplificadores de instrumentação (INA101) (BURR-BROWN, 1998), dentre outros componentes.

A presença dos amplificadores de instrumentação é necessária para que se possam fazer ajustes independentes em cada eixo. Inicialmente ajustou-se o *offset* de modo que os sinais de saída do acelerômetro se iniciassem a partir de 0*V*, posteriormente foi ajustado o ganho do INA101 para que o intervalo de valores de saída estivessem dentro da faixa de 0 a 2,5*V*, correspondendo a inclinações de -90º a 90º, respectivamente. Esse ajuste é feito de modo que se possa usar o sistema de medição de inclinação tanto com o sistema de aquisição de dados da instrumentação, quanto com a maioria dos sistemas microcontrolados existentes.

Foram distribuídos pontos de medição ao longo da placa para que se possa fazer medições dos sinais intermediários à resposta final. A placa possui alimentação simétrica de 12*V*, a qual é utilizada basicamente para alimentação dos amplificadores, e uma redução do nível de tensão para 5*V* para fornecimento ao acelerômetro.

Metodologia e testes

Para que os sinais de saída correspondessem aos ângulos desejados, foi utilizada uma plataforma de testes (Figura 2). Esta plataforma é composta por uma base de apoio, uma régua, onde foi fixada a placa com o ADXL202, e um transferidor para ajuste dos ângulos. Então para 0º (quando a régua indicou 0º no transferidor) ajustou-se o sinal de saída, utilizando o *trimpot*, para 1,25*V*. Dessa maneira variou-se a posição da régua móvel em intervalos de 5º, inicialmente de 0º a 90º e depois de 0º a -90º, e utilizando um multímetro anotou-se o sinal correspondente de saída.

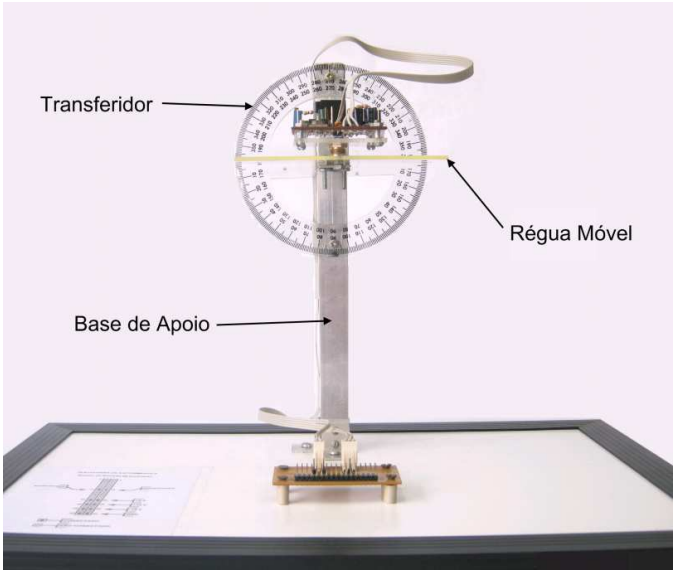


Figura 2: Plataforma de testes do acelerômetro, ADXL202.

As variações de tensão correspondentes aos referidos ângulos foram adquiridos através do programa MatLab e convertidos, após uma normalização dos valores com base na tensão de trabalho de 2,5*V*, para ângulos através de um modelamento matemático realizado com um ajuste de curvas.

O modelamento matemático utilizou um polinômio de 5ª ordem para melhor precisão dos resultados, tendo como variáveis de entrada, as tensões advindas da leitura de cada eixo do sensor para cada ângulo e como saída, o ângulo referente a estes valores.

A instrumentação virtual

Para o sistema de medição de inclinação, foi criada uma interface simples e objetiva que nos mostra o estado atual de inclinação a que esta imposta à placa. O processo de medição usou como base a rotina necessária para leitura de entradas analógicas. Com o uso desta rotina foi configurada a entrada de dois sinais provenientes de cada eixo do sensor ADXl202, usado na instrumentação.

Os sinais eram transformados com a ferramenta *DAQ Solution Wizard* em uma palavra digital proveniente da conversão Analógico/Digital, essa palavra continha as informações de tensão de cada sinal formando um *array* de informação. O *array* é separado levando em consideração o número do canal usado. A partir da separação os dados, agora independentes para cada eixo, são processados através de um bloco no qual é inserido o polinômio proveniente da interpolação matemática ao sair deste bloco a informação, anteriormente em tensão, agora assume valores de graus, indicando o nível de inclinação a que está submetida à placa, sendo mostrada de forma qualitativa num relógio e em gráficos (Figura 3). A informação de inclinação e o nível de tensão advindo do sensor são mostrados na interface de forma quantitativa em mostradores numéricos.

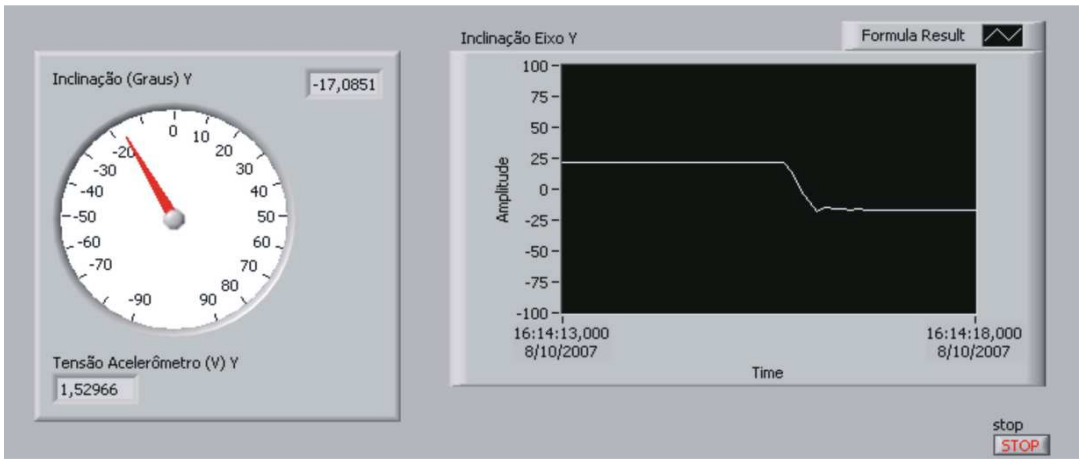


Figura 3: Interface usada para teste da plataforma de medição de inclinação.

3.2 Medições de deformação utilizando strain-gauge

O extensômetro de resistência elétrica (*strain-gauge*), é uma pequena grade resistiva formada por finas lâminas metálicas que pode ser colada à superfície de um componente ou

estrutura, (onde se quer medir as deformações), com uma fina camada de adesivo, que serve para transmitir as deformações da estrutura ao *strain-gauge*, além de servir de isolante entre os dois. Este transforma pequenas variações de dimensões da estrutura em variações equivalentes de sua resistência elétrica, portanto, é considerado como um transdutor (LIMA, 2005).

Este experimento propõe a medição de deformação de uma barra metálica usando como meio de deformação uma liga de memória de forma (SMA – *Shape Memory Alloy*) (VALENZUELA, 2005), a estrutura pode ser visualizada na Figura 4.

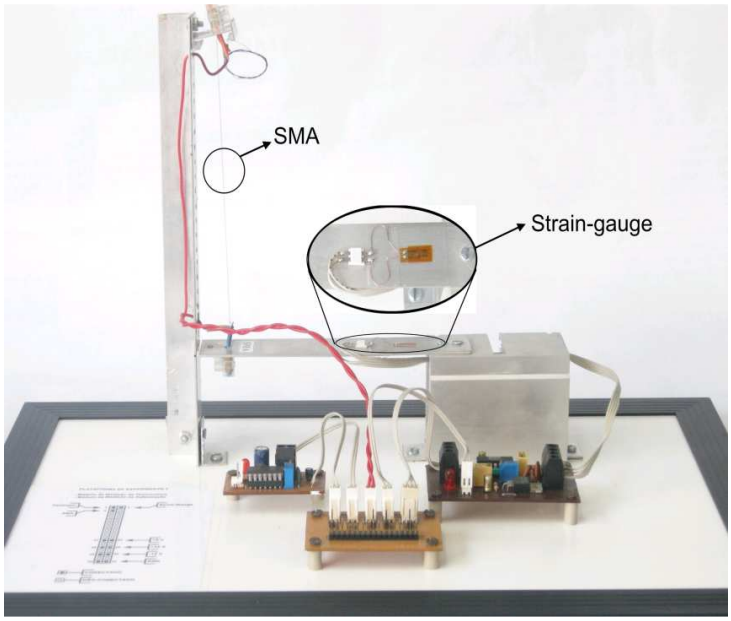


Figura 4: Estrutura utilizada no experimento com strain-gauge.

Uma liga com memória de forma é um atuador termomecânico, que converte energia térmica em deslocamento, acompanhada ou não da produção de um trabalho mecânico. Durante o ciclo térmico, se a liga encontra qualquer resistência, pode gerar forças extremamente grandes.

O circuito de condicionamento de sinal

O circuito de condicionamento de sinal do SMA resume-se apenas a um resistor, de 22 ohms (10*W*), ligado em série com a liga, que tem por finalidade a limitação de corrente que percorre o fio.

Os circuitos elétricos utilizados em extensometria são: o potenciométrico e o de ponte de Wheatstone. Neste experimento foi utilizado a ponte de Wheatstone, que é utilizado para medir variações nas impedâncias que a formam, podendo esta variação de impedância ocorrer apenas em um elemento formador da ponte, simultaneamente a dois elementos, ou até mesmo simultaneamente aos quatro elementos da ponte, através da medição da variação da tensão de saída, diferente de zero, por unidade da tensão de excitação.

Para esta plataforma foram utilizados dois extensômetros, estes devem ser colados nas faces, do corpo de prova, que sofrem deformações opostas, de maneira que, enquanto um se

contrai, o outro se estende na mesma proporção (Figura 5). Desta forma, as resistências sofrerão as mesmas alterações, além de minimizar o efeito da temperatura, pois as variações da temperatura local serão sensibilizadas pelas duas grades resistivas dos extensômetros, tem-se uma maior precisão.

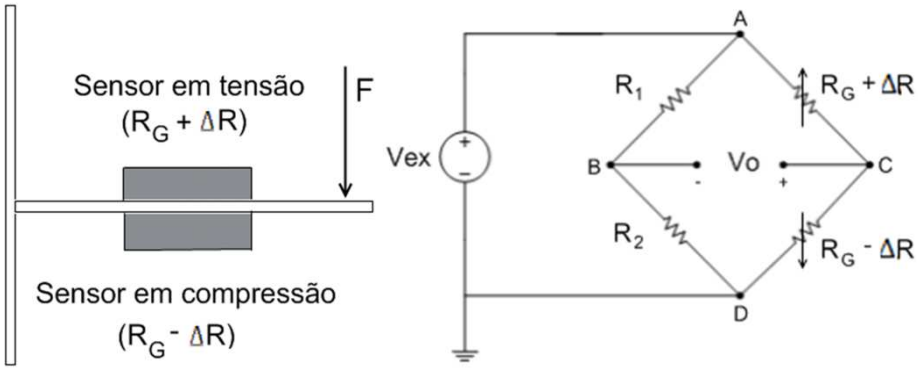


Figura 5: Diagrama elétrico da ponte de Wheatstone com dois extensômetros

Metodologia e testes

A tensão elétrica utilizada para excitar o SMA foi fornecida por uma interface digital criada para proteção do sistema de aquisição de dados, visto que a tensão de saída deste é de apenas 5*V*, não suprindo os 12*V* necessários para o acionamento do SMA.

Para testar o experimento foi criada uma interface no LabVIEW (Figura 6) que possibilita o controle do acionamento da liga de memória de forma e o monitoramento da deformação da barra.

O sinal de saída da ponte de Wheatstone foi condicionada através de um amplificador de instrumentação de forma a termos um sinal no sistema de aquisição de dados com maior precisão, além disso, esse amplificador também foi utilizado para ajustar o ponto de deformação nula. O sinal condicionado é enviado à entrada analógica do sistema de aquisição de dados que processa a informação advinda do sensor.

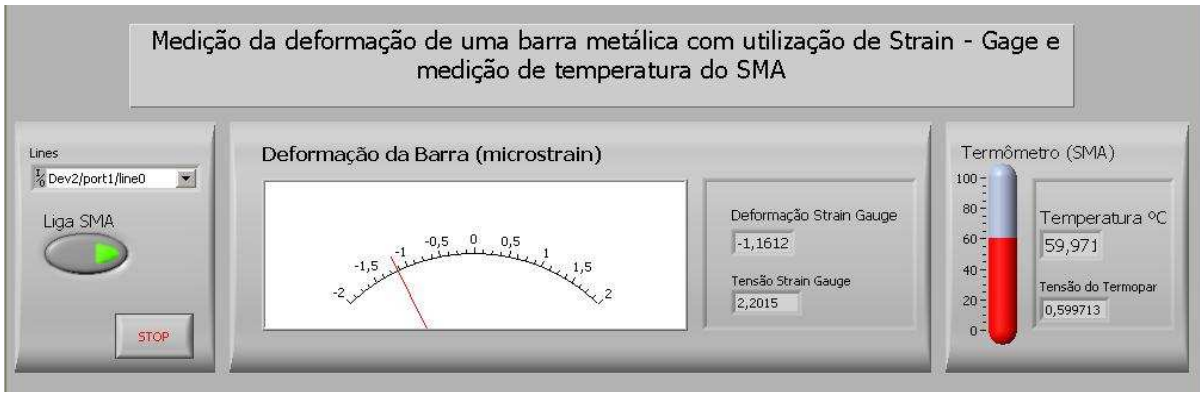


Figura 6: Interface no LabVIEW do experimento de medição de deformação de uma placa metálica.

3.3 Luxímetro com LDR - *Light Dependent Resistor*

Neste experimento teve-se como objetivo o projeto de um luxímetro utilizando-se um LDR (*Light Dependent Resistor*), um sensor de luminosidade.

Um LDR é um transdutor de entrada (sensor) que cuja resistência elétrica é proporcional a intensidade luminosa sobre o mesmo. Sua resistência diminui quando a luz é muito alta, e quando a luz é baixa, sua resistência aumenta. Um multímetro pode ser usado para encontrar a resistência na escuridão ou na presença de luz intensa. Estes são os resultados típicos para um LDR padrão:

- Escuridão: resistência máxima, geralmente acima de $1M\Omega$;
- Luz muito brilhante: resistência mínima, aproximadamente 100Ω.

Foi montada uma estrutura para esse experimento que consiste de um cilindro fechado contendo quatro lâmpadas de 10 *watts* de potência e o circuito contendo o LDR. As lâmpadas foram instaladas na tampa do cilindro e na base está localizado o circuito com o LDR.

Portanto o objetivo é variar a intensidade luminosa das lâmpadas com a saída PWM da placa de aquisição de dados, fazendo com que o LDR detecte essa variação e meça essa intensidade em *lux* (unidade de intensidade luminosa).

O circuito de condicionamento de sinal

O sensor LDR é sensível a variação da intensidade luminosa, de modo a termos uma variação de tensão proporcional a essa variação de intensidade luminosa, foi confeccionado um circuito divisor de tensão para se fazer as medições. Portanto o LDR foi ligado em série com outro resistor, dessa maneira pode-se ao variar a intensidade luminosa, varia-se a resistência do LDR, conseqüentemente o nível de tensão que estão sendo aplicado a ele.

Metodologia e testes

Com o circuito citado no item anterior já é possível obter variação de níveis de tensão elétricos de acordo com a variação de intensidade luminosa, porém é preciso saber o quanto cada nível de tensão é equivalente a unidade de intensidade luminosa. Para isso foi necessário caracterizar o LDR utilizando-se um luxímetro padrão.

Foi construída uma tabela associando os vários níveis de intensidade luminosa à tensão elétrica correspondente sobre o LDR. Uma fonte variável (0-$12V$) foi utilizada para variar a intensidade das lâmpadas, um multímetro foi utilizado para verificar a tensão elétrica sobre o LDR e luxímetro indicou a intensidade luminosa.

Com os dados desta tabela é possível encontrar uma função que tenha como valores de entrada a tensão elétrica sobre o LDR e retorne o valor correspondente em lux, ou seja, foi feito um ajuste de curvas que nos retornou um polinômio de 15ª ordem que é a representação da função de luminosidade do LDR.

Na Figura 7 pode-se visualizar a interface criada para testar o luxímetro. Através dela é possível ajustar a intensidade luminosa, verificando a variação do PWM do sinal que está

sendo aplicado às lâmpadas; tem-se um indicador em forma de ponteiro para verificar a luminosidade em lux, sendo possível verificar esse número exato no quadro na Figura 7.

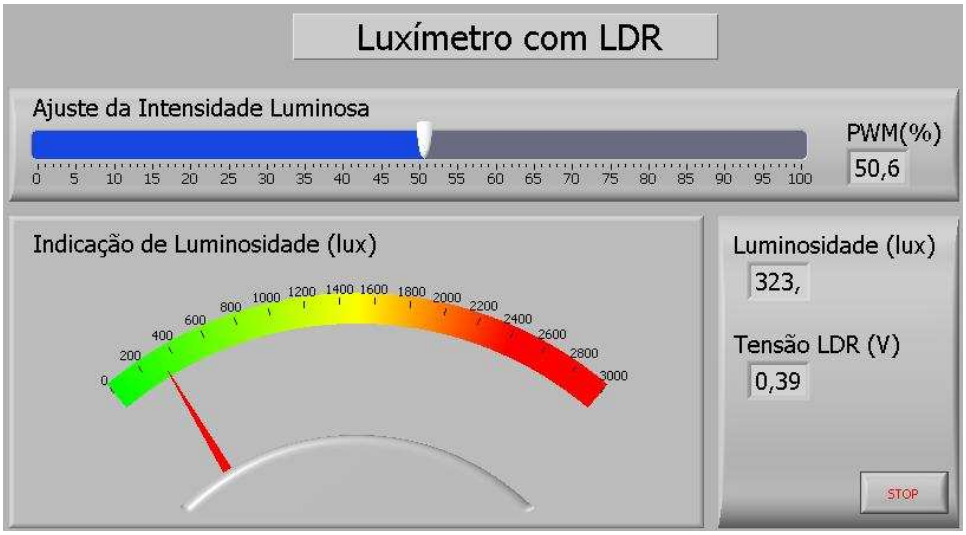


Figura 7: Interface em LabVIEW para o luxímetro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram apresentados alguns dos detalhes da implementação do trabalho, mas a essência do desenvolvimento das atividades deve ser discutida, fez-se uma rápida descrição do *hardware* enfocando-se apenas os aspectos fundamentais. Do mesmo modo, não se discutiu os aspectos de criação dos instrumentos virtuais de forma tão detalhada, necessários para a implementação dos experimentos.

As aplicações desenvolvidas para os transdutores propostos possibilitaram a aquisição de uma boa base teórica à cerca das grandezas tratadas. Por exemplo: como condicionar o sinal para o *strain-gauge*; a utilização da memória de liga de forma (SMA). A utilização do LabVIEW e da placa de aquisição de dados foi satisfatória, e foi possível explorar suas principais funcionalidades.

Para trabalhos futuros pretende-se explorar as funções não utilizadas na placa de aquisição de dados, temporizadores e contadores; criar novos experimentos, enfatizando melhores aplicações para as portas digitais e utilização de novos transdutores; replicar a plataforma permitindo um melhor aproveitamento dos alunos. Um manual de utilização da plataforma, com as descrições dos experimentos, está sendo elaborado, de modo a permitir que os alunos possam realizá-los de forma satisfatória.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANALOG DEVICES LOW-COST ±2g DUAL-AXIS ACCELEROMETER WITH DUTY CYCLE OUTPUT. Disponível em: <http://www.analog.com/en/prod/0_2877ADXL202_00.html> Acesso em: 2005.

BURR-BROWN. High Accuracy Instrumentation Amplifier. Disponível em: <http://www.datasheetarchive.com/search.php?q=LM35> Acesso em: maio de2009

LIMA, W. M. de **Teoria e Aplicações com Extensômetros**. Apostila, Universidade Federal de Campina Grande, Junho 2005.

NATIONAL INSTRUMENTS. Manual de treinamento do LabVIEW Básico I, Outubro 2000.

NATIONAL INSTRUMENTS. NI USB-621x User Manual, Fevereiro de 2007.

VALENZUELA, W. A. V. **Sistema de articulação inteligente por meio da liga com memória de forma**. Campina Grande, 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande.

DEVELOPMENT OF A PLATFORM OF EXPERIMENTS TO MEASURE DIDATIC DISCIPLINE OF ELECTRONIC INSTRUMENTATION COURSE IN ELECTRICAL ENGINEERING

Abstract: *The purpose of this paper is to propose a set of experiments intended to help teaching Electronic Instrumentation and Data Acquisition System and Interface at the Electrical Engineering Course of the Federal University of Campina Grande (UFCG). Using the menus of subjects that cover topics such as: digital/analogical conversion, conditioning of signal transducers, linearization, level shifting, analog switchers, and the use of measuring instruments. To obtain these objectives, a set of easily practical implemented topics was selected aiming at bringing about maximum benefit to the development of engineering activities. The experiments were implemented by means of a data acquisition system (NI USB-6210 from National Instruments) and the virtual instrumentation program – Lab VIEW.*

Keywords: *Electronic and Virtual Instrumentation, Sensors, Experiments.*