



## DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS DE LABORATÓRIO DE CONTROLE DINÂMICO UTILIZANDO O LABVIEW®

**João Carlos de Oliveira**<sup>1</sup> – carlos.oliveira012@gmail.com

**Vandilberto Pereira Pinto**<sup>1</sup> – vandilberto@ufc.br

**Hugo Ferreira de Albuquerque**<sup>1</sup> - h.albuquerque29@yahoo.com.br

**Rômulo Nunes de Carvalho Almeida**<sup>1</sup> - rnunes@dee.ufc.br

**Wilkley Bezerra Correia**<sup>2</sup> - wilkley@dee.ufc.br

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará – Campus Mucambinho  
Rua Estanislau Frota ,S/N - Centro  
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

<sup>2</sup>Curso de Engenharia da Computação, Universidade Federal do Ceará – Campus Mucambinho  
Rua Estanislau Frota ,S/N - Centro  
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

**Resumo:** *O presente trabalho apresenta um estudo de caso do uso do software de instrumentação LabView® nas aulas práticas da disciplina de Controle Dinâmico como ferramenta de apoio didático/técnico. O programa utiliza o kit educacional Ed400b, e a placa de aquisição de dados Nidaq 6009, que tem como função colher e transmitir dados para o "Virtual Instrument" (VI) de acordo com o sistema em operação e permitindo assim que os alunos visualizem em tempo real do funcionamento do sistema. Com o objetivo de demonstrar os conteúdos visto de forma teórica, foram desenvolvidos guias experimentais com base no manual do kit Ed 400b utilizando a interface do LabView®.*

**Palavras-chave:** *Labview, Controle Dinâmico, Supervisório, Práticas de Laboratório, Aquisição de dados.*

### 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de técnicas pedagógicas que busquem facilitar o ensino e a aprendizagem se faz necessário nas diversas áreas do conhecimento humano. Sobretudo em áreas de ciências exatas e tecnológicas, não restam dúvidas que, estas são de fato, as que mais se beneficiam do uso de tais instrumentos.

Pode-se observar a tendência atual onde os professores dispõem de dispositivos tecnológicos em constante evolução, que auxiliam o ensino tanto das aulas teóricas quanto de laboratório, de modo a otimizar a compreensão dos conteúdos e conseqüentemente o processo de aprendizagem.

Segundo Lima e Medrado et al. (2005), nessa didática de uso de práticas virtuais em laboratório, pode-se tornar uma tendência cada vez mais concreta nos meios acadêmicos e

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO  
PROFESSOR E O  
DESAFIO DE EDUCAR**



pode ganhar cada vez mais incentivo principalmente na consideração do uso do ensino à distância.

A metodologia utilizada nesse processo de ensino prático torna o assunto mais interativo. A apresentação do conteúdo através de instrumentação virtual permite uma exposição melhorada do conteúdo, pois em um sistema supervisorio, o aluno pode acompanhar em tempo real o comportamento dos parâmetros do sistema, e compreender o processo de suas variações.

O trabalho proposto visa aplicar conhecimentos em simulação, programação e Controle, no aplicativo, como plataforma didática experimental através de um sistema supervisorio online dos dados.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Na disciplina de Controle, com o propósito de demonstrar a aplicabilidade e a versatilidade das ferramentas virtuais, foi selecionado o *LabView*<sup>®</sup> produzido pela *National Instruments*<sup>®</sup>, devido à portabilidade e à facilidade de operação, à bibliografia disponível e à disponibilidade de recursos, relevantes aos tópicos abordados na disciplina, bem como a facilidade para interação e entendimento das práticas para os alunos.

O trabalho é formado por um sistema composto de um circuito acionador que envolve um motor taco-gerador, um sistema computacional de aquisição de dados e um ambiente gráfico. Os sistemas apresentados a seguir foram projetados no Laboratório de Controle da UFC, campus Mucambinho em Sobral, procurando através de soluções originais para maximizar o desempenho e minimizar os custos envolvidos, tornando viável sua aquisição por parte dos estudantes.

Para tornar possível a realização das práticas no conceito virtual, necessitou-se do desenvolvimento de alguns blocos lógicos pertencentes à biblioteca do *LabView*<sup>®</sup> onde possui a mesma função dos controladores reais e que permitissem simular o comportamento do sistema físico. Na próxima seção serão abordados os materiais empregados nas práticas.

## **3. METODOLOGIA E MATERIAS UTILIZADOS**

Para cada procedimento experimental é construído um instrumento virtual (VI) através do *LabView*<sup>®</sup> que utiliza o sistema de aquisição, afim de realizar a coleta de dados. O sistema de aquisição está integrado ao kit didático ED-4400B conforme o diagrama de blocos da Figura 3 de forma a fornecer as características relevantes a serem estudadas em cada prática (planta).

A seguir temos a descrição mais detalhada dos materiais constituintes da parte estrutural dos sistemas experimentais.

### **3.1 Aquisição de dados**

Esta aquisição de dados se faz através da placa USB Nidaq 6009 desenvolvida pela *National Instruments*. É uma placa de aquisição de dados com até 8 canais de entrada analógicos e 2 canais de saída analógicos.



Figura 1: Placa de Aquisição de dados NI Nidaq 6009  
 Fonte: www.ni.com

Os canais analógicos são compostos de conversores analógicos Digitais (A/Ds) de 14 bits em modo *differential*, ou 13 bits em modo *single-ended* com uma taxa de amostragem de até 48KS/s por canal. Os terminais de contato da placa podem ser conectados em modo desbalanceado (*single-ended*) ou em modo balanceado (*differential*). A escolha de qual modo é feita via seleção por *software* no *LabView* através do bloco *Daq Assistant*.

No modo *single-ended*, utiliza-se a conexão com uma entrada e o terra (GND). No modo *differential* utilizam-se duas entradas por canal, e tem-se a adoção de um referencial que pode ser diferente do GND conforme mostra a Figura 2 a e b.

A impedância de entrada é de 144 k  $\Omega$ , e a variação da faixa de leitura das tensões de entrada, depende da configuração adotada conforme a Tabela 1.

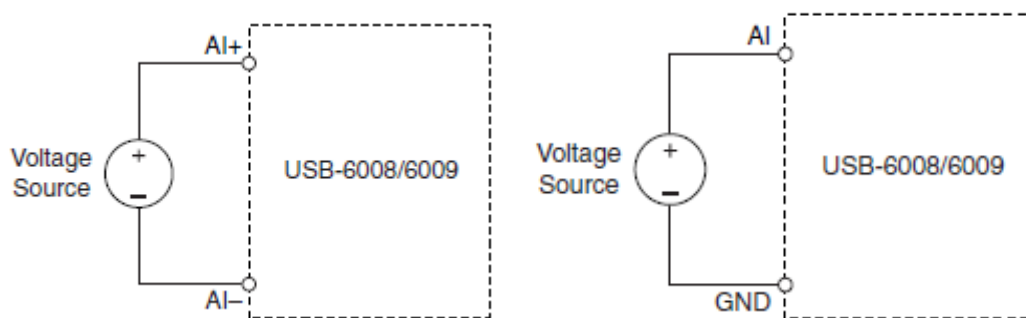


Figura 2: Esquema do modelo de utilização dos terminais em leitura de sinais analógicos:  
 a) Modo diferencial; b) modo simples

Fonte: Datasheet da placa

Tabela 1: Tensões de leitura dos canais analógicos da placa

Modo de aquisição	Tensões de leitura
<i>Single-ended</i>	$\pm 10$ V
<i>Differential</i>	$\pm 20$ V, $\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 4$ V, $\pm 2.5$ V, $\pm 2$ V, $\pm 1.25$ V, $\pm 1$ V



Observado a partir do *datasheet* da placa(disponível em <http://www.ni.com>).

A placa Nidaq USB-6009 apresenta ainda outras 2 saídas analógicas com precisão absoluta de 7 mV, fundo de escala de 5V, impedância de saída de 50  $\Omega$  e a capacidade de corrente de saída de 5 mA com resolução de 12 bits. Desta forma tem-se a possibilidade de acionamento de alguns dispositivos externos sem a necessidade de um "driver" de potência.

### 3.2 Apresentação do software didático

Devido à similaridade das interfaces construídas no Labview com instrumentos e máquinas reais tais sistemas são chamados de Instrumentos Virtuais. Estes elementos permitem a análise e interpretação através da construção de interfaces acessíveis.

A escolha do *LabView* como software de aquisição e processamento de dados e controle foi devido ao fato da Universidade já possuir a licença do aplicativo e dividido a forma amigável de captura os dados em tempo real, sem atraso de comunicação de pacotes na coleta, além de possibilidade de criação de interface em um sistema supervisorio.

A linguagem de programação utilizada recebe o nome de linguagem G, por se tratar de uma linguagem gráfica que utiliza blocos de funções. Todo VI é composto, basicamente, de duas partes fundamentais: o *Front Panel* (Painel Frontal), o *Block Diagram* (*Diagrama de Blocos*), conforme mostrado nas Figuras 6 e 7.

### 3.3 Kit ED – 4400B

O Kit didático DC SERVO TRAINER ED-4400B da E.D *Corporation* utilizado nos experimentos da disciplina de Controle, fornece o sistema prático que será utilizado na montagem do procedimento experimental.

O kit ED400B trata-se de um modelo comercial, popularmente conhecida em instituições de ensino, bastante útil na elaboração de sistemas de malha fechada e em malha aberta através da conexão de blocos entre seus terminais usando cabos. Para este estudo de caso os blocos utilizados foram os seguintes:

Tabela 2: Blocos do kit didático utilizados em estudo

Servo Motor 12V, 4000 rpm, e Taco gerador: ( U-161);	Motor CC e um Taco gerador acoplado que envia um sinal para um conversor de frequência específico.
Pré –amplificador (ganho de 20 db): (U153);	Amplificador de tensão de ganho ajustável;
Driver Amplificador de corrente para o Motor: (U-154);	Driver de corrente para alimentação do motor;
Conversor Frequência/Tensão para taco gerador: (U155);	Detector da frequência do sinal proveniente do tacômetro e converte em tensão para realimentação;
Fonte de Tensão Contínua Simétrica 15/-15V: (U-156);	Alimentação p/ o sistema;
Freio eletromagnético: (U163);	Freio eletromagnético que representa a carga aplicada ao eixo da máquina;





Figura 3: Detalhe do Kit didático Ed 4400b

#### 4. RESULTADOS EM LABORATÓRIO

Uma vez que o sistema completo esteja integrado com o propósito de cobrir todo o conteúdo teórico da disciplina de Controle Dinâmico, foram criados instrumentos virtuais associados a cada prática de laboratório. A seguir temos uma descrição simplificada de cada procedimento experimental.

**Características de Entrada e de Velocidade do Motor de Corrente Contínua:** Com o uso do *LabView*<sup>®</sup>, da placa de aquisição de dados e de um pequeno circuito drive amplificador de corrente, é feito o acionamento do motor, através de um nível de tensão constante de entrada. A variação de velocidade do motor dc é simplesmente feito por meio da variação na alimentação, de maneira proporcional. Os valores de tensão lidos do tacômetro acoplado ao motor, são captados pelo aplicativo e coletados, sendo visualizados na tela do computador.

**Características de Carga e Velocidade no Motor:** Fazendo o acionamento do motor a uma velocidade constante fixa (2000 rpm), é adicionada sucessivamente carga no eixo do motor através de um freio eletromagnético com um disco acoplado ao seu eixo, e as variações de velocidade e tensão da máquina são monitoradas pelo *LabView*<sup>®</sup>.

**Resposta Transitória do Motor:** Nesta prática, a aplicação de um sinal de onda quadrada através do gerador de sinal do *LabView*<sup>®</sup> e da placa Nidaq 6009, é aplicada no motor e se observa a resposta transitória da máquina devido à inércia, através do supervisor online. A curva visualizada apresenta aspecto semelhante ao de sistemas de primeira ordem;

**Simulação de parâmetros de um sistema através da FT:** Trata-se de uma prática virtual, onde o usuário pode observar o comportamento da resposta ao degrau, o gráfico do lugar das raízes e a resposta em frequência de um sistema de Controle variando os coeficientes da FT de uma planta de ordem  $\leq 5$ .

**Técnicas de Controle de Velocidade em Malha Fechada:** O experimento proporciona uma boa forma de aplicação da realimentação para efeito de acréscimo de carga, e assim a diminuição da faixa de variação de velocidade. Sendo aplicada uma referência de tensão pelo



software, à medida que a carga é acrescida no motor, a resposta de velocidade do sistema diminui, e por meio da variação do sinal da atenuação, e do controlador proporcional, a placa retorna o erro que se destina ao motor.

**Controle de Posição em Malha Fechada:** A prática é feita num sistema de controle de posição em malha fechada, onde de acordo com o valor de ângulo de posição, (tensão aplicada pelo software) é comparada por um subtrator com a tensão de saída de um potenciômetro conectado ao eixo da máquina que retorna o erro permanente aplicado ao sistema.

**Resposta Transitória do controle de Posição:** A aplicação de um sinal em onda quadrada através do gerador de sinal do *LabView*<sup>®</sup>, quando comparado com o sinal analógico de tensão que retorna do motor, produz um sinal de erro a ser gerado com o auxílio da placa Nidaq 6009, que aplicado no motor, permite se observar transitório da máquina.

**Controle de Posição com Realimentação de Velocidade:** Esta prática avalia a aplicação de um sinal em onda quadrada gerada pelo *LabView*<sup>®</sup> conectado à placa com a implementação de duas malhas de controle: uma de posição e outra de velocidade, conectadas a um comparador e submetidas a um controlador proporcional.

Diante da identificação dos recursos utilizados, iniciou-se o desenvolvimento de diversos experimentos virtuais. Neste artigo, apresentar-se-á detalhadamente apenas o estudo de caso de um desses experimentos que compõe o conjunto de práticas de laboratório da Disciplina: Técnicas de Controle de Velocidade em Malha Fechada.

#### **4.1 Estudo de caso: Técnicas de Controle de Velocidade em Malha Fechada**

Muitas vezes, quando um motor é utilizado como uma fonte de força mecânica, é obrigado a fornecer uma velocidade constante, independentemente das mudanças de cargas. Para contornar esse efeito, utiliza-se o processo da realimentação no sistema. Observa-se na realidade que um sistema com realimentação apresenta melhor estabilidade ao de um sistema de malha aberta, para manter uma velocidade constante contra variações de carga.

Um sistema de controle de velocidade de malha fechada é um sistema auto-regulável no qual a medida de velocidade do motor é comparada com o valor de referência na entrada, para produzir um erro na saída. A tensão de erro detectada é, então, amplificada e realimentada para o circuito de controle para que seja compensada a diferença entre a velocidade atual e a referência. Esse processo de auto correção continua até que o sinal de erro assuma valor constante, podendo-se garantir zero se um controlador com ação integral. Neste ponto, a velocidade atual do motor é igual a referência de entrada, e assim o motor mantém uma velocidade estável.

Em resumo, a utilização da realimentação no sistema de controle em malha fechada permite melhorar a dinâmica do sistema e, eventualmente, estabilizar um sistema naturalmente instável em malha aberta, diminuir a sensibilidade do sistema a variações dos parâmetros do processo, e rejeitar o efeito de perturbações externas.

##### **4.1.1 Descrição**

A prática é feita acionando-se o motor numa velocidade fixa constante, de acordo com um nível de tensão de entrada (aproximadamente 2500 rpm). Estando a máquina girando nessa velocidade ajustada, o propósito é perceber como acontece a variação de velocidade da



máquina mediante o acréscimo de carga, e como a presença da realimentação e a variação de um ajuste proporcional melhora o resultado, no sentido de evitar reduzir a faixa de queda de velocidade, diminuindo essa amplitude.

Dessa maneira, trabalhando-se com uma velocidade inicial de 2500 rpm no motor (aproximadamente 7.6V de tensão de entrada), e simulando o acréscimo de carga através de um freio eletromagnético com um disco de inércia de alumínio acoplado no eixo da máquina, foram realizadas alterações na realimentação do sistema (sinal de tensão lida do tacogerador do sistema pela placa no canal Ai0, em modo *single-ended*, sujeito a um fator multiplicativo de 0 a 10, pelo bloco *Horizontal Pointer Slide* do *LabView*<sup>®</sup>) e na variação de um controle proporcional (atenuação do erro do sistema, onde o bloco *Horizontal Pointer Slide*, funciona como uma estrutura multiplicativa no sinal do erro). O sinal de erro na implementação da VI trata-se da comparação entre o nível de tensão amplificado gerado através da placa de aquisição e do sinal lido pelo tacogerador, conectado ao sistema através do canal A01.

A Figura 4 traz a identificação de cada bloco na montagem e a exibição de como foi realizada a prática. A Figura 5 esquematiza mais detalhadamente o modelo de cada ligação entre os blocos, e a ponte de comunicação com o computador. As Figuras 6 e 7 ilustram as janelas de operação do *LabView*.

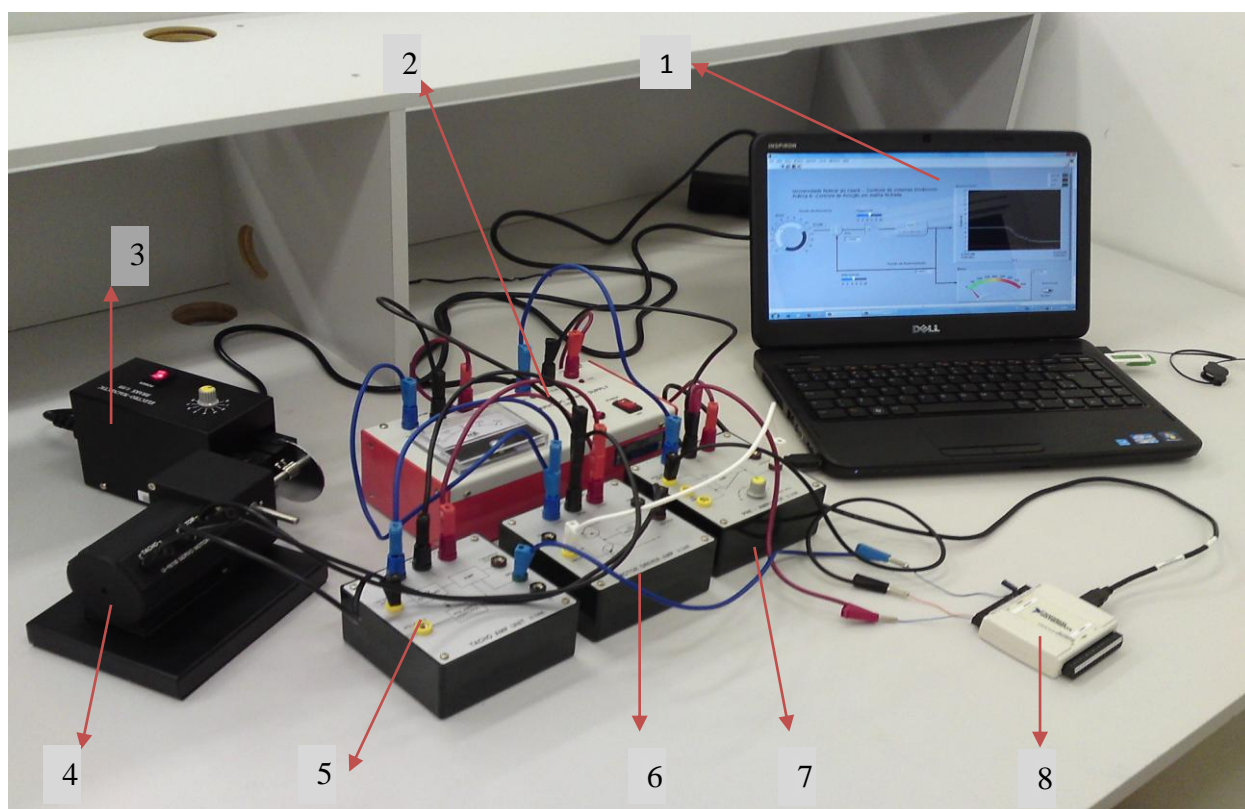


Figura 4: Montagem Experimental da prática

Legenda:

1-Computador; 2-Fonte de alimentação; 3-Freio eletromagnético; 4-Motor CC; 5-Convertor Frequência/Tensão; 6- Drive amplificador de corrente; 7-Amplificador de tensão da placa; 8-Placa Nidaq 6009

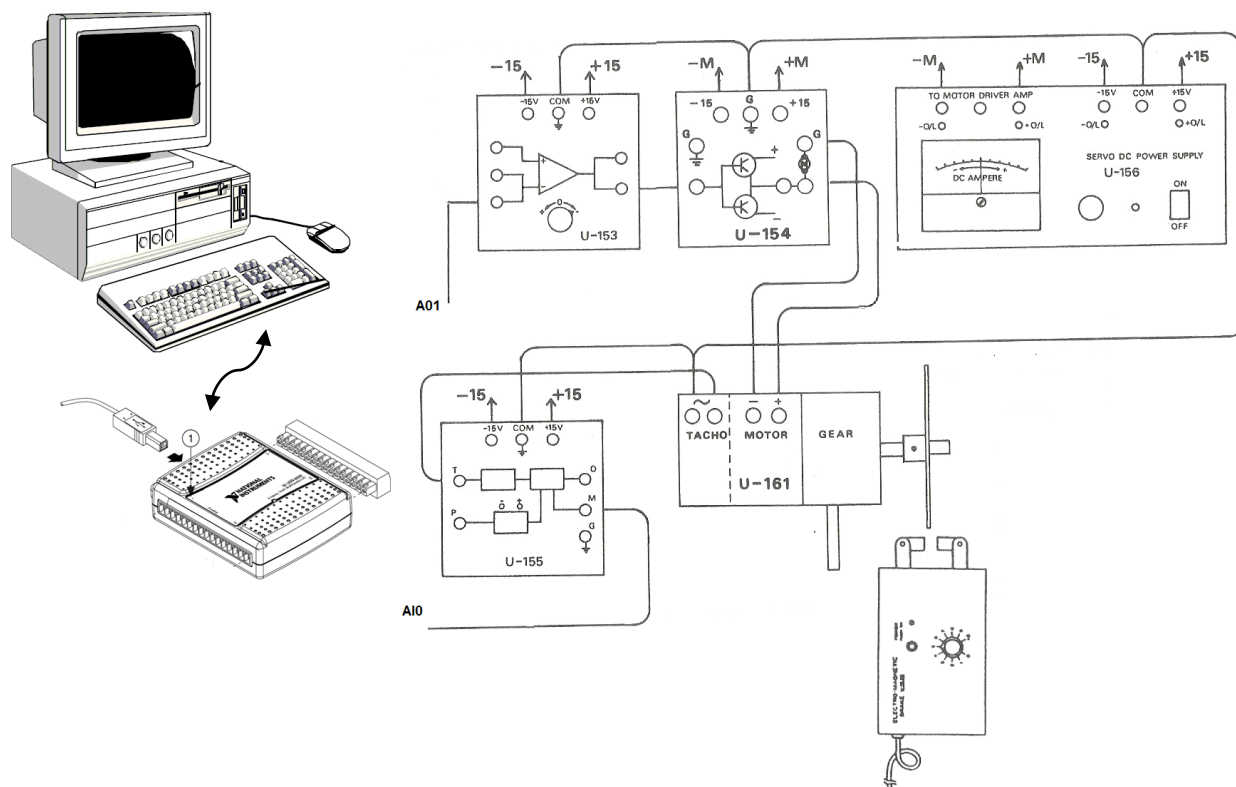


Figura 5: Modelo do diagrama de conexão dos blocos do sistema e a comunicação digital

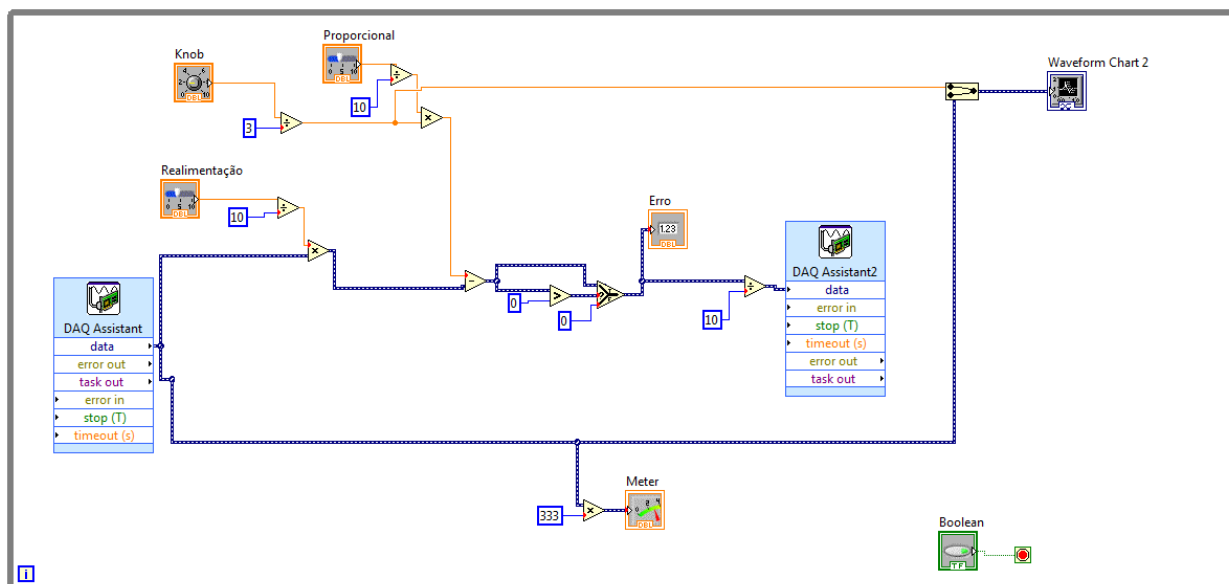


Figura 6: Modelo do diagrama de blocos da programação do VI



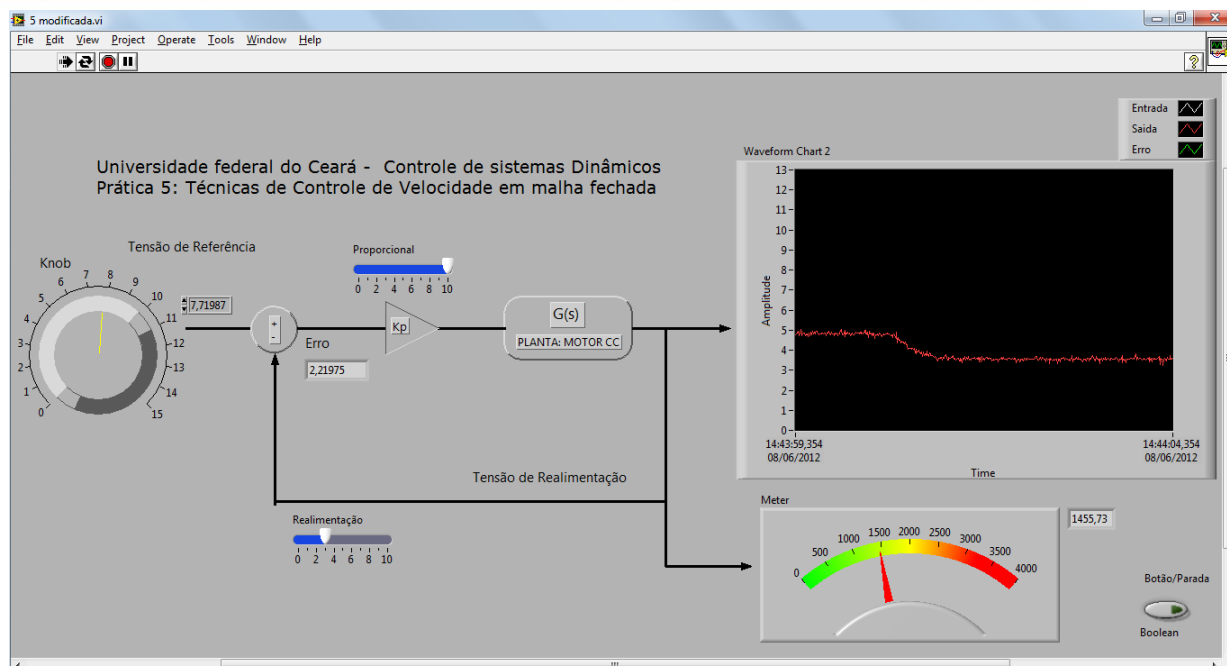


Figura 7: Modelo da interface da VI de controle do sistema quando a carga é diminuída

Tabela 3 – Variações de carga para um modelo de realimentação aplicado no motor

Posição freio	Realimentação: 0	Realimentação: 0.2	Realimentação: 0.5
	Velocidade (rpm)	Velocidade (rpm)	Velocidade (rpm)
0	2498	2506	2508
1	2484	2495	2494
2	2445	2471	2484
3	2396	2430	2451
4	2330	2382	2409
5	2259	2325	2360
6	2202	2280	2322
7	2180	2264	2310
8	2186	2268	2311
9	2190	2272	2313
10	2188	2271	2319

A melhora na análise dos resultados pode ser percebido com a redução da faixa de variação dos valores de velocidade, entre o limite máximo e o mínimo, à medida que o erro é cada vez atenuado. Como se pode perceber na comparação dos dados, os valores de velocidade variam de forma que o controle de velocidade é mais eficaz com a realimentação.

## 5 CONCLUSÃO



Em linhas gerais, com base nos resultados obtidos verificados até o momento, os objetivos iniciais foram alcançados através da implementação das práticas propostas, e que os resultados estão sendo bem sucedidos.

Nesse processo, explorando o potencial ilustrativo do *LabView*<sup>®</sup>, é positiva sua utilização neste projeto por razões diversas: (i) a possibilidade de construção de Interface Interativa Gráfica para o usuário, através do painel frontal; (ii) Monitoramento em tempo real dos parâmetros da planta física; (iii) Histórico de armazenamento dos dados, e relatório em log das medições através do sistema de aquisição de dados.

As principais contribuições deste trabalho como elemento cooperador para o aprendizado é o desenvolvimento e a verificação de uma prática como recurso ilustrativo, e que os estudantes tenham mais contato com as ferramentas de instrumentação e Controle. As atividades realizadas permitem aos alunos antecipar situações que posteriormente serão encontradas no mercado de trabalho. Avalia-se assim sendo uma proposta viável e interessante de ser expandida.

Com a inovação e melhoria deste processo, se permite comprovar a eficácia no ensino de ferramentas computacionais, que possibilitam bem a extensão de ensino da sala de aula com permissão de um enfoque prático ainda didático, e assim permite ao aluno o refinamento de seus fundamentos teóricos. Os resultados a partir de então são motivadores, e espera-se que a continuidade de tais práticas melhore significativamente o treinamento experimental dos estudantes.

Como sugestão em um breve horizonte de tempo, espera-se prosseguir na continuidade de proporcionar o desenvolvimento de uma maior variedade de práticas virtuais, especialmente na implementação de uma sub-vi que realiza a função de um PID digital no *LabView*<sup>®</sup>, para controle de velocidade da máquina cc, cuja prática é parte integrante da metodologia do manual do kit e bastante útil no entendimento do estudo do Controle Dinâmico.

Como continuidade do trabalho será desenvolvida as práticas com um software livre (preferencialmente o Scilab), que possibilite fazer comparações de desempenho e didática entre os programas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. R. Coelho, Antônio; M. Almeida, Otacílio; E. S. Santos, José; R. Sumar, Rodrigo; Felipe Bittencourt. Da teoria à Prática: Projeto Motor Taco-Gerador. **Anais**: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Porto Alegre: PUC-RS, 2001.

FERREIRA LIMA, JOSELICE; MEDRADO NETO, JOÃO DA ROCHA; EMANUEL DE O. MARTINS, VICTOR; G. A. PEREIRA, SÉRGIO; A. P. S. MARTINS, CARLOS. LVCE: LABORATÓRIO VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS. **Anais**: XXXIV – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Universidade de Passo Fundo : UPF, 2006.

Getting Started with NI-DAQmx: Main Page. Disponível em:

<<http://www.ni.com/white-paper/5434/en>> Acesso em: 11 maio. 2012.

Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB. Disponível em:

<<http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/lang/en>> Acesso em: 11 maio. 2012.



L. P. de Medeiros, Renan; L. C. de Araújo, Ivanês; S. de Freitas, Victor; F. Silva, Orlando  
Desenvolvimento e aplicação de Motores de Corrente Contínua Virtuais aplicados nas aulas  
laboratoriais de Controle de Sistemas. **Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de  
Engenharia.** Blumenau: FURB, 2011.

Manual de Práticas da ED-4400B da ED CO., LTD.

NATIONAL INSTRUMENTS **LabVIEW® 7.1 Professional Users Manual.** 2000

Ogata, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno 4ºed. Ed Prentice Hall

## **DEVELOPMENT OF LABORATORY PRACTICE FOR DYNAMIC CONTROL USING LABVIEW®**

**Abstract:** *This work presents the usage of a user interface running under LabVIEW®. The application has been developed for laboratory support of the disciplines related to the control area of Universidade Federal do Ceará at Sobral, for Electrical and Computer Engineering courses. The software is intended to work together with Ed400b educational kit and Nidaq 6009 data acquisition card by National Instruments®. This application allows students to visualize through the computer and at real time, a bench system operation. For this purpose a laboratory practice guide has also been developed, which is briefly showed at the end of this paper.*

**Key-words:** *Labview, Dynamic Control, Supervision, Laboratory Practice, Data Acquisition.*