

# UM WEBLAB PARA UMA PLANTA DE CONTROLE DE NÍVEL E TEMPERATURA

Thiago Fernandes <sup>1</sup>; Wânderson de Oliveira Assis <sup>2</sup>; Alessandra Dutra Coelho <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT);

<sup>2</sup> Professor(a) da Escola de Engenharia Mauá (EEM-CEUN-IMT).

**Resumo.** *Este projeto propõe o desenvolvimento de um laboratório de acesso remoto, um WebLab para um sistema de controle de nível e temperatura de um tanque. Na proposta, o WebLab deve permitir o desenvolvimento de experimentos multidisciplinares principalmente voltados às áreas de controle de processos e automação, podendo ser utilizado como ferramenta de ensino de engenharia bem como no desenvolvimento de projetos de pesquisa. Para a aplicação serão utilizados uma planta comercial disponível na instituição e um sistema de aquisição de dados por meio dos quais será possível realizar o controle remoto da planta permitindo um ajuste dos parâmetros dos controladores e o monitoramento dos sinais dos sensores. Uma das principais contribuições esperadas é a possibilidade de realizar a transferência de dados bidirecional entre a planta e o usuário utilizando navegadores web.*

## Introdução

Os laboratórios de acesso remoto, os WebLab's, são exemplos claros da utilização da computação na educação, mas com um grande diferencial pois propiciam a possibilidade de aprendizagem real com controle à distância. Isto é possível porque os WebLab's proporcionam a possibilidade de desenvolver experimentos práticos, acessando remotamente pela Internet equipamentos em laboratórios reais.

Os WebLab's veem sendo implantados em diversas instituições desde os anos 90 apresentando soluções para operação remota geralmente utilizando software disponível comercialmente e em algumas delas utilizando redes dedicadas. Vários trabalhos reportam sua experiência na utilização de WebLab's para o ensino de física, química (Selmer *et al.*, 2007), engenharia elétrica (Khalil *et al.*, 2009) e controle (Aktan *et al.*, 1996), (Hann e Spong, 2000). Em (Zubia *et al.*, 2009) são discutidas as principais características de um laboratório remoto, analisando tecnologias de *software* utilizadas para implantar os lados de cliente e servidor e a correlação entre estas tecnologias.

No Instituto Mauá de Tecnologia o primeiro laboratório remoto (WebLab) foi desenvolvido em 2010 (Fernandes, Assis e Coelho, 2010) e permite a comunicação de um computador central com uma planta de controle de velocidade de motor de corrente contínua (motor CC), a partir da medição de sinais provenientes de um sensor de velocidade e sistema de aquisição de dados. A planta pode ser acessada remotamente utilizando a Internet e por meio da rede é possível controlar a movimentação do motor e realizar experimentos que incluem o ensaio em malha aberta e a sintonia de controladores PID.

O projeto desenvolvido em 2010 apresentava algumas limitações. As principais delas são:

- utiliza uma planta de controle de velocidade relativamente antiga e sujeita a falhas de operação, exatamente por utilizar circuitos eletrônicos e equipamentos antigos;
- os dados da planta são acessíveis pela Internet, mas ainda não permite transmitir a imagem em tempo real da planta capturada por uma câmera; o sistema completo somente podia ser acessado pela Intranet;
- os dados são transmitidos por meio de uma interface desenvolvida utilizando o software LabVIEW®; a própria interface é visível na Web, isto significa que todos os gráficos e dados mostrados na tela da interface podem ser visualizados pelo operador; contudo não é

possível armazenar em arquivo os dados recebidos, nem tampouco trabalhar com os dados *on-line* utilizando outros algoritmos diferentes daqueles disponíveis na interface do LabVIEW®;

- o WebServer do LabVIEW® permite várias funcionalidades que incluem controle do tempo de acesso de cada usuário e gerenciamento das requisições de acesso, criando um sistema de filas onde cada usuário que solicita utilização do experimento fica aguardando a liberação do equipamento para sua utilização; contudo o aplicativo não permite um controle de acesso e pode ser acessado por qualquer usuário; é necessário controlar o acesso fazendo um cadastro dos usuários com a liberação de uso sendo aprovada por um profissional responsável, bem como é necessário inserir procedimentos de segurança para evitar danos ao equipamento em caso de uso por pessoas mal intencionadas;

- para desenvolver o sistema é necessário fazer o *download* e instalação de softwares específicos; o procedimento para carregar e instalar os programas é relativamente demorado além de não estar totalmente detalhado; é necessário definir um procedimento mais sucinto, mas por outro lado, que fique claro para o usuário;

- a página html desenvolvida não é tão amigável e não apresenta informações completas.

Neste trabalho pretende-se sanar a maioria destas limitações. Adicionalmente, para atender a um dos principais objetivos dos WebLab's, que é tornar-se uma ferramenta interativa didática destinada ao ensino multidisciplinar com aplicação em diversas áreas e disciplinas, serão incluídas duas plantas de controle diferentes que podem ser utilizadas por profissionais das áreas de controle de processos, instrumentação e automação.

### *Objetivos*

Este projeto propõe a implantação de um laboratório remoto constituído de uma planta de controle de nível e temperatura de um tanque contendo equipamentos e sistemas reais que podem ser controlados à distância através da internet. A planta que será utilizada trata-se de um sistema de controle de fluidos fabricado pela FESTO® e disponível no Laboratório de Controle e Automação do Instituto Mauá de Tecnologia. Esta planta vem sendo utilizada no laboratório com certa frequência, contudo, como há disponibilidade de apenas uma planta torna-se complicado executar experimentos quando há um número de alunos relativamente grande. O acesso à planta por meio de um WebLab permite que vários usuários possam ter acesso aos dados da planta simultaneamente tornando-se uma excelente ferramenta didática para ensino de controle e automação. Adicionalmente o WebLab possibilita o acesso controlado onde o professor tem pleno conhecimento de qual usuário estará acessando a planta com um registro de todas as informações de acesso.

Adicionalmente, considerando que este projeto trata-se de um trabalho de continuidade, poderão ser realizadas várias pesquisas visando sanar as limitações, já descritas anteriormente, referentes ao primeiro WebLab implementado na instituição (Fernandes, Assis e Coelho, 2010). Diante do exposto, as principais medidas que serão incorporadas nesta proposta são:

- substituição do motor antigo por um kit didático com motor de corrente contínua que apresenta como principal vantagem a possibilidade de efetuar o controle de velocidade ou posição, já que o sistema disponibiliza sinais relativos a estas duas variáveis;

- atualização das páginas html, de forma que apresentem informações mais detalhadas, introdução teórica do novo experimento e transmissão da imagem da planta;

- inclusão de um servidor central que permitirá o acesso pela Internet de todas as informações.

## Materiais e Métodos

### *Sistema de Controle de Velocidade e Posição*

O novo sistema de controle de velocidade e posição de um motor utilizado no WebLab está apresentado na Figura 2, sendo constituído do kit didático CtBoard, uma ferramenta disciplinar voltada para o desenvolvimento de aplicações de controle, juntamente com o kit ELVIS® (*Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) da National Instruments.

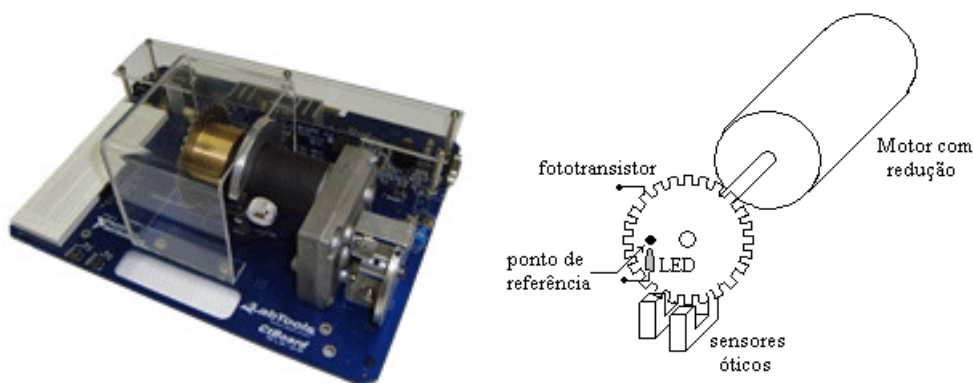


Figura 2 – CtBoard e Desenho do Sistema com *Encoder*

A placa CtBoard, concebida na própria instituição e desenvolvida em conjunto com uma empresa que atua na área de kits didáticos, é constituída dos seguintes componentes:

- motor de corrente contínua (CC) de 24 V, 0,5 A e com redução de cerca de 10,7 x 1;
- sistema com *encoder* construído utilizando sensores ópticos (chaves optoeletrônicas PHCTX0X), LED e fototransistor;
- fonte de alimentação de 24 V e 1,5 A;
- sistema microcontrolado utilizando DsPIC (dsPIC33FJ64GP706); e
- *driver* para motor (ponte H LMD18200).

A integração do motor com a plataforma ELVIS® é realizada por meio de canais de entrada e saída analógicos. Um dos canais de saída analógica da placa de aquisição de dados é ligado a um circuito integrado de potência (*driver*) que gera o sinal de acionamento do motor.

O módulo didático CtBoard possui um sensor de corrente além de um circuito eletrônico para gerar pulsos de acordo com a rotação do motor, funcionando de forma similar a um *encoder*. O sistema é construído utilizando dois sensores ópticos fixados de forma a detectar a movimentação dos dentes do disco; assim é possível determinar a posição angular do eixo bem como, por meio da contagem de pulsos produzidos, determinar a velocidade do motor. Foram utilizados dois sensores, adequadamente defasados de modo que é possível obter uma referência da direção de acionamento (sentido horário ou anti-horário). Estes sinais são tratados na própria CtBoard através do processador dsPIC33FJ64GP706 de modo que sinais proporcionais à posição, velocidade angular e corrente do motor são ligados a canais de entrada analógica da plataforma ELVIS®.

### *Sistema de Controle de Temperatura e Nível*

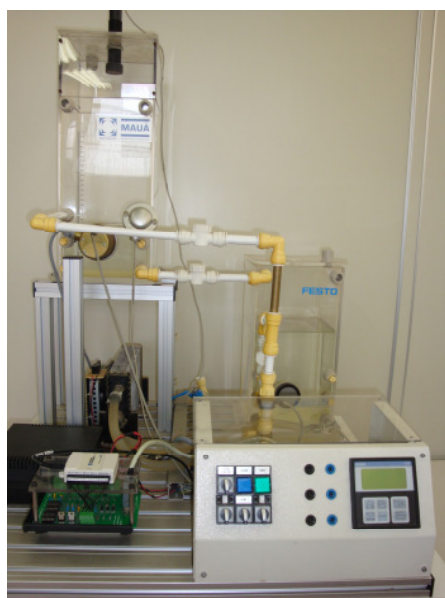
O equipamento *Process Control System* (PCS) (Ebel, 1998), ilustrado na Figura 3, é um sistema de controle de fluidos da Festo, fabricante de origem alemã, sendo constituído de um kit didático para simulação de controle de processos. O kit permite implementar o controle do nível, vazão e da temperatura do fluido de trabalho, no caso água destilada.

O kit é composto basicamente por duas cubas por onde circula água destilada através de dutos e válvulas, três sensores que realizam as leituras do nível, da temperatura e da vazão, dois atuadores que regulam a temperatura e o fluxo e uma unidade de controle onde, como o próprio nome diz, é realizado todo o controle das variáveis do sistema.

O controlador da Bürkert, disponível na planta original, recebe os sinais das leituras dos sensores e os compara com os *Set Point's* previamente determinados, realizando os cálculos necessários de forma a acionar um ou outro atuador para que se chegue ao valor desejado para a variável que se pretende controlar.

A planta PCS realiza o controle do nível, vazão e temperatura separadamente, logo, somente é feita a leitura do sensor de nível, do sensor de fluxo (vazão) ou do sensor de temperatura sendo acionado somente o respectivo atuador, ou seja, a bomba ou a resistência de aquecimento.

Neste laboratório remoto, o controlador da Bürkert não foi utilizado, ao invés disso introduziu-se um sistema de controle por computador baseado em sistema de aquisição de dados e algoritmo produzido em LabVIEW™. Assim, o usuário pode realizar os controles de temperatura e nível simultaneamente, selecionando e ajustando dois controladores PID introduzidos computacionalmente.



(a) Visão Frontal



(b) Visão Lateral

Figura 3 – Sistema de Controle de Temperatura e Nível

O controle de sistemas contínuos baseados em sistemas de aquisição de dados e instrumentação é um assunto exaustivamente pesquisado no IMT tendo produzido vários trabalhos relacionados. Alguns trabalhos foram realizados recentemente utilizando a planta PCS. Podemos citar, por exemplo, o trabalho de conclusão de curso (Jacinto *et al.*, 2002) onde é realizado um estudo da planta, sendo demonstrada a utilização do controle original da planta e propõe-se um controle multivariável onde as variáveis podem ser medidas externamente utilizando circuitos eletrônicos projetados para fazer as medições dos sinais dos sensores e efetuar o condicionamento dos sinais. Em (Castellan e Bruza, 2008) utiliza-se um sistema de aquisição de dados baseado em LabVIEW® para fazer a modelagem do sistema aplicando o método dos mínimos quadrados. Então, a partir da identificação dos parâmetros implementa-se um sistema de controle onde os parâmetros do controlador são ajustados em tempo real a partir dos valores dos parâmetros determinados. Neste trabalho pretende-se incorporar ao sistema de controle (Castellan e Bruza, 2008) a capacidade de controlá-lo pela Internet.

## Sistemas de Aquisição de Dados

O sistema de aquisição utilizado na planta de controle de velocidade e posição utiliza o kit ELVIS<sup>®</sup> (*Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) conforme citado anteriormente.

Na planta de controle de nível e temperatura utiliza-se sistema de aquisição de dados constituído de placa de aquisição de dados (*USB Data Acquisition*) módulo USB6008 da National Instruments (Figura 4). A placa permite manipular sinais de entrada e saída analógicos e digitais utilizando como interface o LabVIEW<sup>®</sup>. Este módulo é conectado a uma placa de interface, desenvolvida em (Castellan e Bruza, 2008) que inclui circuitos eletrônicos utilizados na medição das variáveis e condicionamento dos sinais.



(a) Módulo USB6008



(b) Módulo USB6008 e Placa de Interface e Condicionamento de Sinal

Figura 4 – Sistema de Aquisição de Dados

## Desenvolvimento

Para desenvolver o sistema utilizou-se o software LabVIEW<sup>®</sup>. Duas etapas foram necessárias neste processo:

- modificar o aplicativo em LabVIEW<sup>®</sup> desenvolvido (Castellan e Bruza, 2008) de forma a criar uma interface apropriada para o usuário, permitindo o controle de nível e temperatura;
  - habilitar a função WebServer para permitir o acesso remoto.
- Estas etapas estão detalhadas nesta seção.

### a) Interface do Aplicativo de Controle de Nível e Temperatura em LabVIEW<sup>®</sup>

A interface do aplicativo de controle de nível e temperatura, ilustrada na Figura 6, foi desenvolvida a partir de (Castellan e Bruza, 2008) e consiste basicamente num programa capaz de acessar o sistema de aquisição baseado no kit apresentado na Figura 5 além de algoritmo de controle programado em linguagem gráfica utilizando o pacote de programação *Control Design and Simulation* disponível no software LabVIEW<sup>®</sup>. O aplicativo apresenta uma interface apropriada para o usuário por meio da qual é possível visualizar o sinal produzido pelos sensores além de modificar o sinal de referência da malha de controle (*Set Point*).

A tela visa demonstrar um sistema supervisório industrial, contendo animações para ilustrar o enchimento dos tanques e todas as oscilações dos atuadores e sensores.

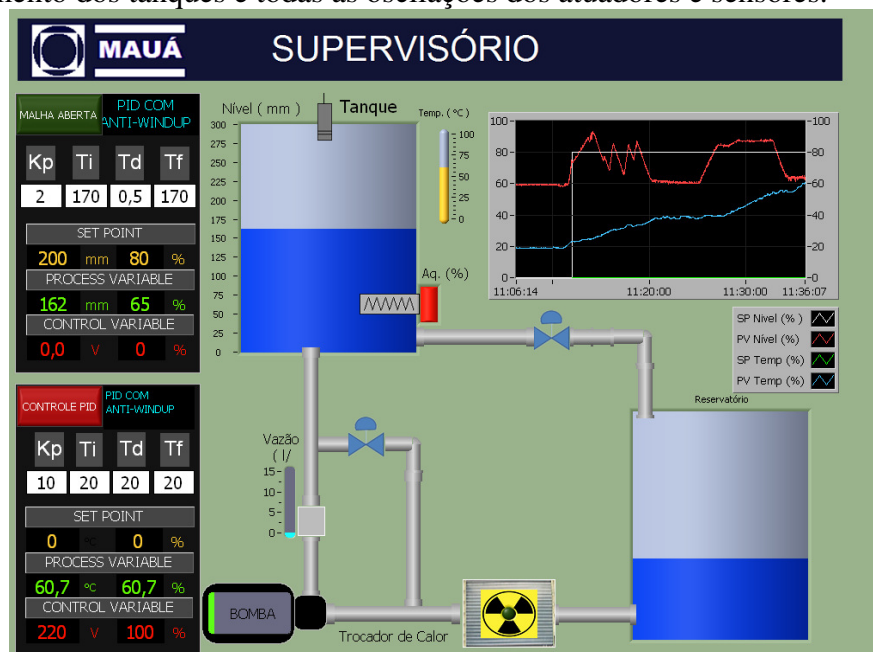


Figura 5 – Aplicativo em LabVIEW® para o Sistema de Controle

No canto esquerdo da tela encontra-se a monitoração das malhas de nível e de temperatura, podendo ser visualizado o modo de operação do controlador (PID com *anti-windup*), o *Set-Point*, a variável de processo e o esforço de controle.

Por meio da interface o usuário poderá realizar o ajuste dos parâmetros do controlador, ou seja, a sintonia do controlador PID, escolhendo valores para os parâmetros  $K_p$ ,  $T_i$  e  $T_d$ , bem como a seleção da constante de tempo do *anti-windup*  $T_f$ . Obviamente, para fazer o ajuste adequado será necessário que o usuário tenha aprendido conceitos relacionados ao projeto de sistemas de controle. Com os parâmetros ajustados, o usuário pode ajustar o valor da entrada (*Set Point*) e verificar o desempenho do sistema de controle, ou seja, verificar se o nível e temperatura são alterados para acompanhar o ajuste do valor de entrada.

Atualmente, utilizando a planta PCS podem ser realizados diversos ensaios e experimentos de controle. Alguns exemplos são:

- modelagem fenomenológica do sistema de controle de nível a partir de ensaios em malha aberta e em malha fechada;
- modelagem fenomenológica do sistema de controle de temperatura a partir de ensaio em malha aberta;
- sintonia de controladores PID com *anti-windup* para controle de temperatura e nível no sistema prático.

Futuramente, com a evolução do projeto, pretende-se incorporar ao WebLab a capacidade de realização de outros experimentos, como por exemplo, a modelagem matemática dos sistemas discretos de controle de nível e temperatura baseados no método dos mínimos quadrados, tais como realizado em (Castellan e Bruza, 2008).

#### b) WebServer

Para permitir o acesso remoto é necessário habilitar a função *WebServer* do *software*. Após a habilitação utiliza-se a ferramenta *Web Publishing Tools* para transmitir, via Internet, o experimento para a tela do usuário. Por meio desta ferramenta é possível fazer várias configurações associadas ao modo de visualização, tempo de atualização da página, configuração inicial de título, cabeçalho e rodapé da página na Internet, escolha do nome do



arquivo *html* e o mais importante, o endereço da página do documento, a qual deve estar associada a um IP disponível.

Caso as configurações iniciais tenham sido realizadas corretamente, é possível desde já fazer o acesso ao experimento. Para isto deve-se digitar no *browser* de internet o endereço escolhido para o WebLab, o qual, neste caso específico foi escolhido como: <http://weblab1.maua.br>

Para ter acesso completo à janela de programação torna-se necessário carregar e instalar uma ferramenta do LabVIEW®. Trata-se da ferramenta *LabVIEW Run-Time Engine 2010* que pode ser obtida diretamente da página da National Instruments. Trata-se de um *software* livre disponível, mesmo se o LabVIEW® não estiver instalado na máquina do usuário.

Outra ferramenta importante que pode ser configurada no *software* é o painel de gerenciamento de acesso, onde são disponibilizadas informações sobre os usuários conectados ao WebLab. Por meio desta ferramenta é possível obter uma listagem dos usuários que acessaram o experimento (nome do computador do usuário e IP), data e horário do início e término da conexão, o *status* da conexão e a taxa de transferência de dados em bytes por segundo. É possível também realizar o controle do tempo de acesso, de forma que, quando houver mais de um usuário tentando acessar o experimento, gera-se um sistema de fila, no qual o usuário que primeiramente acessar a rede poderá manter o controle por um tempo limitado, a partir do qual seu acesso será bloqueado, sendo o experimento liberado para outros usuários que estiverem na fila.

#### *c) Modificação no código html*

Após a criação do WebLab utilizando a ferramenta *Web Publishing Tools* é possível acessar a página de internet criada e modificá-la, utilizando qualquer editor de texto. Neste caso, as modificações realizadas no código *html* incluem:

- inclusão das imagens produzidas pelas Webcam's;
- criação de cabeçalho e rodapé personalizados com informações sobre a instituição e identificação dos pesquisadores envolvidos no projeto;
- modificação e ajuste do título do experimento, incluindo o logotipo com *link* para a página da instituição de ensino;
- apresentação de introdução teórica sobre o experimento;
- apresentação de instruções gerais para utilização do experimento, além de um alerta sobre a necessidade de instalação do *LabVIEW® Runtime Engine*.

A página da Internet produzida está apresentada na Figura 6, incluindo os dois experimentos, ou seja, o sistema de controle de posição e velocidade de motor de corrente contínua e o sistema de controle de nível e temperatura. O *Status* do experimento de controle de nível e temperatura é apresentado como “Em Desenvolvimento” porque as portas de acesso ao experimento no servidor da instituição ainda não estão liberadas. Contudo, o experimento pode ser acessado opcionalmente na Intranet.

Em outro computador com acesso à internet poderemos acessar o aplicativo. Para que o usuário possa ter acesso remoto ao experimento, é necessário antes de tudo digitar no *browser* de Internet o endereço do WebLab.

#### *d) Aplicativo de Controle de Posição e Velocidade em LabVIEW®*

O aplicativo de controle de posição e velocidade consiste basicamente num programa desenvolvido em linguagem gráfica que permite o acesso ao sistema de aquisição de dados bem como a introdução de componentes de controle utilizando o pacote de programação *Control Design and Simulation*. A Figura 7 ilustra a interface desenvolvida para permitir o controle de posição e velocidade de motor de corrente contínua. A interface permite a visualização dos sinais produzidos pelos sensores além de modificar o sinal de referência da

malha de controle (*Setpoint*). Por meio da interface o usuário poderá selecionar o tipo de controle que será realizado (posição ou velocidade) bem como o modo de operação: malha aberta e malha fechada com controle PID. Após efetuada a seleção o usuário poderá realizar o ajuste dos parâmetros do controlador, ou seja, a sintonia do controlador PID, escolhendo valores para os parâmetros  $K_P$ ,  $K_I$  e  $K_D$ , considerando que o tempo de amostragem foi fixado em  $T = 0,01$  s. Obviamente, para fazer o ajuste adequado será necessário que o usuário tenha aprendido conceitos relacionados ao projeto de sistemas de controle. Com os parâmetros ajustados, o usuário pode ajustar o valor da entrada (*Set Point*) e verificar o desempenho do sistema de controle, ou seja, verificar se a velocidade ou a posição do motor é alterada a partir do ajuste do valor de entrada.



Figura 6 – Página do WebLab na Internet

### *Sistema de captura e transmissão de imagem*

Para que o usuário possa interagir melhor com o experimento, foi adicionado ao WebLab de controle de posição e velocidade as imagens capturadas por duas Webcam's, como mostrado na Figura 7. A primeira captura uma imagem geral do sistema em tempo real, permitindo visualizar toda a planta em funcionamento. A segunda obtém uma imagem do disco acoplado ao eixo do motor, permitindo acompanhar a movimentação do eixo do motor e o correspondente deslocamento angular produzido. Esta imagem é importante principalmente para a análise do funcionamento do sistema de controle de posição. Vários *softwares* podem ser utilizados para permitir o acesso à imagem. Nesta aplicação utilizou-se o *software* Yawcam que captura as imagens e as grava no mesmo local no computador continuamente. Quando a página é aberta, um código Javascript é executado, captura a imagem do servidor e



coloca-a na tela. Este código é repetido a cada 100ms, portanto permitindo trabalhar com 10 FPS (*frame per seconds*).



Figura 7 – Interface do WebLab de Controle de Posição e Velocidade

## Resultados e Conclusões

Os laboratórios remotos de controle de nível e temperatura em um reservatório e de controle de posição e velocidade de motor de corrente contínua foram desenvolvidos com eficiência utilizando o aplicativo WebServer no LabVIEW®. Por meio dos WebLab's é possível desenvolver a aplicação de forma remota e realizar experimentos didáticos tais como a modelagem não paramétrica dos sistemas a partir de ensaios de resposta a degrau, sintonia de controladores PID. As interfaces produzidas para os controles são interativas e de fácil utilização.

O primeiro WebLab desenvolvido em 2010 foi aprimorado e substituído por um sistema que pode ser acoplado diretamente ao ELVIS® o que torna a planta versátil, compacta e de melhor aparência. Adicionalmente, pelo fato de haver disponível na instituição maior número de equipamentos, viabiliza uma eventual necessidade de substituição para manutenção. Adicionalmente o sistema já incorpora imagens do experimento, que permitem

sua visualização em tempo real por meio da página na Internet. Os resultados obtidos foram apresentados em congressos nas áreas de educação e automação (Assis *et al.*, 2011a), (Assis *et al.*, 2011b).

A aplicação desenvolvida poderá ser utilizada como ferramenta interativa didática para ensino à distância, permitindo que os alunos possam avaliar, na prática, o aprendizado na área de engenharia de controles. Além disso, pretende-se com este trabalho estimular o desenvolvimento de outros projetos de pesquisa relacionados à utilização de laboratórios remotos acessados pela Internet.

## Referências Bibliográficas

- Aktan, B., Bohus, C. A., Crowl, L. A., Shor, M. H. (1996) *Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories*, IEEE Transactions on Education, Vol. 93(3), p. 320-326.
- Assis, W. O., Fernandes, T., Pacheco, V. G., Coelho, A. D. (2011a) *Experimentos de Controle de Posição e Velocidade Utilizando Laboratório Remoto*. 15º Congresso Internacional e Exposição de Automação, Sistemas e Instrumentação, São Paulo, SP, Novembro.
- Assis, W. O., Fernandes, T., Pacheco, V. G., Júnior, J. C. S., Coelho, A. D., Romano, R. (2011b) *Um WebLab para Ensino de Controle em Cursos de Engenharia*, COBENGE 2011 – XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, SC, Outubro.
- Castellan, Guilherme; Bruza, João Cesar Luiz. (2008) *Sintonia da malha de um controle de processo*. Orientador: MARTIN, Paulo Alexandre. São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 70 p.
- Ebel, F. (1998) *Process Control System – Control of Temperature, Flow, Pressure and Filling Level – Manual*, FESTO Didactic GmbH & Co., Denkendorf.
- Fernandes, T., Assis, W. O., Coelho, A. D. (2010) *Implantação de um WebLab para Ensino de Controle em Cursos de Engenharia*, SIICUSP 2010 – XVIII Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, São Paulo, SP.
- Hann, H. H., Spong, M. W. (2000) *Remote Laboratories for Control Education*. Proceedings of the 39<sup>th</sup> IEEE Conference on Decision and Control, Sidney, Australia, p. 895-900, December.
- Jacinto, G. J., Serrano, L. V., Bordini, L. A., Raffaelli, T. F. (2002) *Controle Industrial Multivariável*, Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Mauá de Tecnologia - Engenhar. Elétrica, São Caetano do Sul, SP.
- Khalil, A., Hasna, M., Benammar, M., Chaabane, M., Amar, C. B. (2009) *Development of a Remote Lab for Electrical Engineering Program*, International Conference on Signals, Circuits and Systems, Vol. 56, N. 12, December.
- Selmer, A., Kraft, M., Moros, R., Colton, C. K. (2007) *WebLabs in Chemical Engineering Education*, Transactions IChemE, Part D, Vol. 2, p. 38-45.
- Zubia, J. G., Orduña, P., López-De-Ipiña, D., Alves, G. R. (2009) *Addressing Software Impact in The Design of Remote Laboratories*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, N. 12, December.