LABORATÓRIO REMOTO PARA ENSINO A DISTÂNCIA DE CONTROLE DE PROCESSOS

Fabio do Carmo Almeida – fabioalmeida@ucl.br
Rafael Leal Silva – rafaleal@ucl.br

Laboratório de Mecanismos e Automação
UCL – Faculdade do Centro Leste
Rodovia ES-010, Km 6
29173-087 – Serra – Espírito Santo

Resumo: *o crescente uso de tecnologias de informação inseridas no contexto acadêmico e as velocidades atuais de conexão com a Internet possibilitam a realização de experimentos práticos de laboratório através de acesso remoto nos cursos de engenharia. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma estrutura de acesso remoto e adaptação de plantas didáticas físicas presentes em uma IES. Utilizou-se como base para adaptação uma planta de temperatura, que permite o controle PID ou manual da temperatura de um bloco de alumínio, desde a temperatura ambiente até 200ºC. Foi desenvolvido um software em ambiente LabVIEW, juntamente com uma placa de prototipagem Arduino UNO que realiza a aquisição e escrita dos dados. Este conjunto tem como funções proporcionar ao aluno o controle da planta de temperatura e o registro da aquisição de dados, servindo para a realização da identificação do processo em questão e o projeto do controlador PID adequado. Já ao administrador do laboratório, este conjunto permite o controle sobre os alunos, experimentos, registro de eventos, estatísticas de uso e cadastramento de usuários. Mesmo com a transmissão de imagens, o controle da planta se mostrou satisfatório, com taxa de transmissão de pico inferior a 1 MB⁄s enquanto três usuários acessavam a planta. O tempo de resposta entre um comando enviado pelo usuário e o recebimento da planta foi próximo a 1 segundo, o que deve ser levado em consideração dependendo do tipo de aplicação.*

Palavras-chave: *Educação a distância, Laboratórios remotos, Controle de temperatura, LabVIEW, Arduino*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade por educação de qualidade e a redução dos custos dos computadores, aliados às capacidades oferecidas pelos sistemas de telecomunicações contribuíram significativamente para o desenvolvimento de ferramentas de ensino e aprendizado baseadas em tecnologia (ZÚBIA & GOMES, 2007). A Educação a Distância (EaD) evoluiu de um ponto onde os cursos eram feitos por correspondências ou televisão, até a era atual, onde são utilizadas tecnologias de comunicação modernas, como a Internet (OGIBOSKI, 2007). O panorama atual da EaD no Brasil mostra que esta modalidade de ensino teve um crescimento vertiginoso nos últimos anos. Cada vez mais trabalhos sobre o tema são publicados, o que

contribui significativamente para o seu desenvolvimento e implantação de melhorias (VALENTE & MATTAR, 2007).

O desenvolvimento de ferramentas de ensino baseadas na Internet favorece a Instituição de Ensino Superior (IES) ao permitir intercâmbio de recursos com outros centros de ensino. A globalização da qual tanto se fala no contexto comercial já é realidade entre IES americanas e européias, por meio da troca de experiências e compartilhamento de recursos físicos e virtuais. Tais resultados demonstram a necessidade de evolução das IES nacionais para um modelo de ensino mais colaborativo, o que favorece tanto o aluno ao ter acesso a diferentes estímulos para sua formação, quanto as IES envolvidas (SILVA, 2006).

O uso de ferramentas baseadas na Internet também possibilita à IES maximizar seus próprios recursos didáticos, como plantas e laboratórios, tornando-os acessíveis a professores e alunos a qualquer momento do dia e da semana. Além da comodidade que essa ferramenta proporciona, deve-se ressaltar que o processo de ensino vem passando por mudanças devido à integração das novas tecnologias de informação ao que já existe atualmente (MOSSIN, 2006).

A importância das aulas práticas na engenharia se torna cada vez mais evidente em um ambiente dominado por incessante renovação em termos de tecnologia. As aulas práticas devem acompanhar este desenvolvimento, no intuito de possibilitar o aluno a se acostumar com esta rotatividade, além de permitir a fusão entre teoria e prática. Diante disso exalta-se a importância dos laboratórios, pois é vivenciando este ambiente que o aluno irá desenvolver seus conhecimentos práticos, tornando-o apto a realizar suas atividades profissionais (BAZZO & PEREIRA, 2006).

A possibilidade de se ter experimentos sempre à disposição de forma remota contribui muito para que a educação possa acompanhar as mudanças em direção a um ensino de nível cada vez mais elevado (ZÚBIA & GOMES, 2007). Algumas vantagens dos laboratórios remotos face aos laboratórios tradicionais:

- maior utilização dos equipamentos de laboratório, maximizando seu investimento;
- acréscimo no nível de segurança, pois os experimentos são projetados para trabalhar em faixas seguras de operação;
- sem necessidade de se ter um supervisor *in loco*;
- menor custo operacional e de manutenção;
- possibilidade de trocas de experiência e recursos entre IES;
- possibilidade para criação de cursos não presenciais.

Laboratórios remotos (também conhecidos como *weblabs*) são uma opção relevante no ensino técnico, pois complementam o estudo teórico, possibilitando monitorar, operar e realizar experimentos práticos remotamente. O desvencilhamento das restrições de distância entre o usuário e o laboratório tem uma grande consequência em termos de difusão do conhecimento. Sistemas distribuídos em uma rede de computadores facilitam o compartilhamento de recursos (MÜLLER & ERBE, 2006).

Os laboratórios remotos tem sua estrutura formada por instrumentos que se comunicam com um computador conectado a Internet. A função do computador é disponibilizar o acesso aos equipamentos do laboratório que a ele estão ligados. Com isso, ficam disponíveis para o estudante o acionamento dos equipamentos, a possibilidade de fazer observações, colher dados, além visualizar o experimento através de uma câmera de vídeo (SOUZA & OLIVEIRA, 2001).

2. FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE REMOTO

Pela sua forma de utilização, os Laboratórios Remotos necessitam de uma arquitetura que possibilite acesso, comunicação e manipulação dos experimentos. Para que isso ocorra, uma nova camada ou infraestrutura se faz presente entre o equipamento de laboratório e o usuário, onde sua funcionalidade é basicamente realizar a troca de dados entre o usuário e o equipamento de laboratório.

No lado do servidor esta infraestrutura tem como função prover os dados usados no monitoramento pelo usuário, como imagens de câmeras, valores de leituras de sensores, controle através de seus dispositivos de entrada e saída e controle de acesso dos usuários. Já ao utilizador, esta infraestrutura permite a visualização, aquisição de dados, e a execução do experimento, de forma segura e controlada. Na Figura 1 é detalhado um modelo genérico de um Laboratório Remoto, onde cada módulo tem sua funcionalidade, e fica evidenciado nos blocos de servidor e cliente o uso de uma nova camada para a intercomunicação, no caso TCP e IP, entre usuário e equipamento de laboratório (SILVA, 2011).

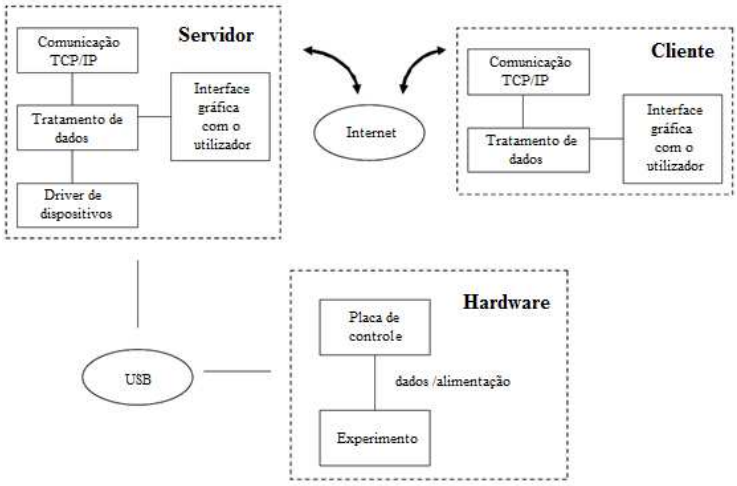

Figura 1 - Estrutura Genérica de um Laboratório Remoto. (SILVA, 2011)

Para a implementação prática deste trabalho foram necessários um servidor *web*, uma placa de aquisição de dados e o desenvolvimento de um programa, cuja função é interfacear plantas didáticas e servidor, além de criar telas de supervisão e administração do laboratório. Além disso, também tem a função de realizar o registro dos eventos, cadastramento de usuários e verificação dos dados cadastrais. Dentre as diversas opções de *softwares* e *hardwares* necessárias para a montagem do laboratório remoto proposto neste trabalho, optou-se pelo ambiente de desenvolvimento LabVIEW e a placa de prototipagem Arduino UNO.

O LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é uma plataforma de desenvolvimento de programas amplamente disseminada e utilizada pela indústria, e daí sua disponibilidade na UCL – Faculdade do Centro Leste. Apresenta como características:

- **facilidade de programação:** por ser uma linguagem gráfica, criar aplicações é um processo rápido e simplificado, possibilitando a criação de aplicações complexas e de alto desempenho, atraindo profissionais inclusive de outras áreas que desconhecem as tradicionais linguagens textuais;

- **comunicação:** suporta diversos tipos de comunicação, o que permite um grande alcance em termos de compatibilidade com dispositivos;
- **ferramentas:** possui por padrão diversos tipos de ferramentas próprias para disponibilizar aplicações na Internet, como o Servidor *Web*, Painéis Frontais Remotos, *Toolkits* próprios para aplicações em rede, além de propiciar facilidade em seu uso e configuração.

Já o Arduino UNO foi selecionado devido ao seu baixo custo e facilidade de integração. Seu custo médio é em torno de R$ 70,00, enquanto placas de aquisição de dados dedicadas possuem custos superiores a R$ 600,00. Além da vantagem econômica, o Arduino UNO é facilmente integrado ao LabVIEW através do *Toolkit Arduino*, que pode ser instalado no LabVIEW de forma gratuita, contendo todos os blocos e funções necessárias para a comunicação e operação das entradas e saídas do Arduino UNO.

Com este *toolkit* o Arduino UNO torna-se uma placa de aquisição e escrita de dados, onde toda a lógica de programação será executada no *software* desenvolvido em LabVIEW, e o único *software* gravado em seu microcontrolador será um *firmware* chamado LVIFA que permite que ele se comunique com o LabVIEW através de uma porta USB. Para este projeto as especificações técnicas do Arduino UNO – 14 terminais configurados como entradas ou saídas, digitais ou analógicas, e frequência de *clock* de 16 MHz – atendem perfeitamente as necessidades requeridas.

Neste trabalho, uma planta de temperatura presente na UCL – Faculdade do Centro Leste foi adaptada de maneira que fosse possível sua utilização por alunos e professores. As características específicas desta planta serão descritas no item 4 deste artigo.

2.1. O servidor *web* do LabVIEW

Este servidor possui todas as funcionalidades que os outros servidores como o Apache ou IIS proporcionam, como configuração de portas, diretórios de acesso, listas de permissão e criptografia. Entretanto, este servidor conta com aplicações específicas para o LabVIEW, como a ferramenta *Web Publishing Tools*, que possibilita que um programa feito em LabVIEW possa ser disponibilizado em uma página HTML na Internet. Quando este procedimento é feito, o programa disponibilizado na Internet é denominado Painel Frontal Remoto (*Remote Front Panel*). Além disso, os parâmetros de configuração do servidor *web* do LabVIEW podem ser alterados através de programas feitos no próprio ambiente de desenvolvimento, ou seja, de acordo com a lógica do programa, alteram-se os parâmetros de controle e configuração do servidor, e isso foi o fator que possibilitou a construção deste trabalho, tendo seu sistema de controle de usuários e experimentos baseado apenas em LabVIEW.

2.2. Arquitetura Proposta

Diante de todas as opções pesquisadas foi constatada a falta de um mecanismo de controle integrado por parte do administrador do laboratório. Todas as soluções que foram pesquisadas demonstraram precisar da união de vários *softwares* (Servidor *Web*, Banco de Dados, Sistema de Gerenciamento de Cursos – CMS, e o software de controle do experimento) para que fosse feito o acesso, controle e gerenciamento dos experimentos. Estes tipos de soluções, por agregarem vários tipos de *softwares*, podem acarretar em uma dificuldade de uso e configuração por parte do administrador. Além disso, a grande maioria das implementações utiliza placas de aquisição de dados de alto custo, quando comparadas ao Arduino. Dentre as soluções pesquisadas pode-se destacar:

- Cyberlab – Stanford University;
- RexLab - Universidade Federal de Santa Catarina;
- Weblab – Instituto Mauá de Tecnologia;
- LEARn – Universidade de Brasília;
- Weblab Deusto – Universidade de Deusto.

Para solucionar este tipo de problema, neste trabalho foi implementado um controle integrado, de modo a centralizar todas as funcionalidades que o administrador pode ter em um único *software*, como a configuração e controle do Servidor *Web*, cadastro de usuários, listas de acesso, bloqueio de operação dos usuários e a remoção dos mesmos. Estas ferramentas trazem simplicidade e praticidade, permitindo que até uma pessoa pouco experiente possa administrar o laboratório sem maiores dificuldades.

Na Figura 2 é mostrada a arquitetura proposta para este projeto. Cada item desta arquitetura será explicado detalhadamente a seguir.

- **Site do *Weblab*:** interface entre servidor e usuário. Este site contem todas as instruções de acesso e uso, além de direcionar o usuário através de *hyperlinks* ao endereço do experimento desejado;
- **Servidor:** é o computador que armazena as páginas em HTML correspondentes ao site principal, painéis remotos frontais dos experimentos, além dos arquivos de aquisição de dados e registros, que são salvos durante a execução da planta de temperatura. Nele ficarão instalados os programas feitos em LabVIEW, além de seu servidor *web*;
- **Arduino:** interface entre a planta de temperatura e o LabVIEW, trabalhando como uma placa de aquisição e escrita de dados. Através de suas entradas e saídas, são coletados e disponibilizados os dados advindos da planta de temperatura, no painel frontal do usuário, além de também ser feito a escrita dos valores informados pelo usuário;
- **Conversor de potência:** converte o sinal de saída (0-5V) do Arduino em 0 a 127V, fazendo com que a resistência da planta seja aquecida;
- **Planta de Temperatura:** experimento controlado e monitorado no projeto proposto, de forma remota, tendo como objetivo efetuar o controle PID ou manual de um bloco térmico de alumínio cuja temperatura pode variar da temperatura ambiente até 200ºC.

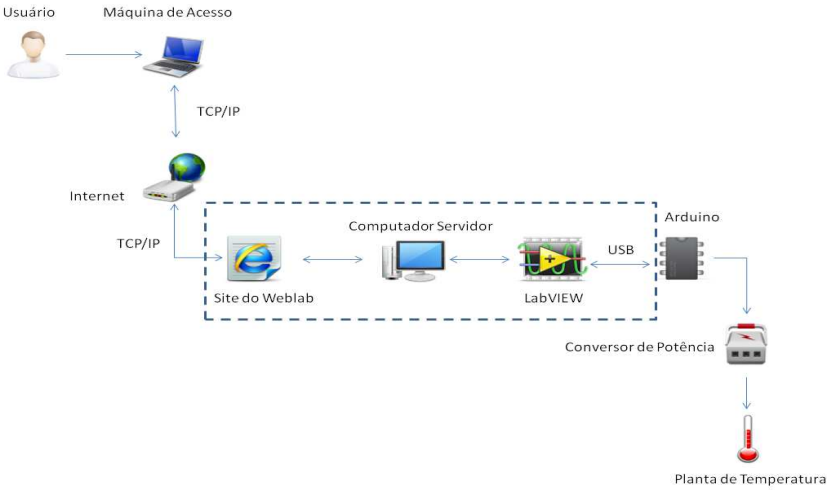

Figura 2 - Arquitetura do projeto proposto.

3. SISTEMA DE ACESSO E CONTROLE DE USUÁRIOS

Ao acessar o site do laboratório o usuário encontra o site principal de onde pode baixar os *plug-ins* necessários para a visualização dos painéis frontais remotos dos experimentos em um navegador de páginas HTML, como o *Mozilla Firefox*. Feito isso, cabe ao usuário escolher qual experimento deseja realizar, e acessar o *hyperlink* correspondente. Quando o usuário acessa esta área, ele é redirecionado para a tela de *login* do experimento, mostrada na Figura 3.

Figura 3 - Tela de *login* da planta de temperatura.

Como se pode perceber na Figura 3 (esquerda), os campos de usuário e senha estão desabilitados, pois o número máximo de usuários conectados na planta de temperatura foi atingido. Quando isso acontece, é mostrada uma mensagem de alerta e também é mostrado o tempo de espera em minutos. Quando o acesso é liberado, os campos de usuário e senha ficam disponíveis (Figura 3 – direita), e o usuário pode digitar seus dados.

Para que fosse implementada a rotina de controle da Figura 3 e outras lógicas de controle do sistema, foi necessário o desenvolvimento de um painel de controle para o administrador do laboratório. Este painel foi desenvolvido em LabVIEW, e tem todos os recursos necessários para que o administrador possa fazer a gestão dos experimentos e usuários, de forma segura e simples. Este painel foi dividido em três partes: o painel de controle específico por experimento, a aba de configuração e por fim, a aba de estatísticas. A Figura 4 mostra o painel de controle da planta de temperatura pelo administrador, onde podem ser vistos os dados dos usuários que estão controlando a planta e estão na fila, além do controle disponibilizado ao administrador. Este controle permite ao administrador operações como desconectar usuários por inatividade, limite de acesso por tempo ou número de usuários simultâneos, além do bloqueio e desbloqueio dos mesmos.

Figura 4 - Painel de controle da planta de temperatura.

Figura 5 - Painel de configuração.

A aba de configuração propicia ao administrador a inserção e remoção de usuários da lista de acesso, além da configuração do Servidor *Web*, e controle dos painéis frontais disponíveis para o acesso dos usuários (Figura 5).

Finalmente, a aba de estatísticas fornece os dados dos acessos em tempo real ao administrador, como o número de acessos por experimento, acessos de todos os experimentos juntos e usuários *online* no momento. Para os dados de dias anteriores são disponibilizados gráficos que mostram a quantidade de acessos por experimento.

4. PLANTA DE TEMPERATURA E RESULTADOS

4.1. Planta de temperatura

O objetivo de uso desta planta é controlar a temperatura de um bloco de alumínio, através de uma resistência de aquecimento de 1200W ligada ao mesmo, onde a temperatura pode variar desde a temperatura ambiente até cerca de 200ºC.

Basicamente, a planta é composta por sete elementos: fonte de tensão, bloco térmico, indicador de temperatura, termopar (tipo K), conversor de potência, ventiladores e relé bimetálico.

O funcionamento da planta se dá da seguinte maneira: depois de ligados os equipamentos, o indicador de temperatura mostrará em seu *display* a temperatura do bloco de alumínio, que é captada pelo termopar ligado ao indicador e ao bloco térmico. Desta maneira, o indicador também disponibiliza o correspondente da temperatura em um sinal de 0 a 5V em seus terminais de saída para que possam ser lidos e interpretados pela placa de aquisição de dados que estiver sendo usada. O sinal de controle enviado pela placa de aquisição de dados, que deve ser entre 0 a 5V obrigatoriamente, é recebido pelo conversor de potência, que o converte em 0 a 127V e fornece esta tensão ao bloco térmico. Para segurança, o relé bimetálico abre o circuito de alimentação do bloco térmico caso a temperatura chegue à 200ºC. Os ventiladores são utilizados para que a temperatura não aumente muito rápido, e servindo também como uma entrada de distúrbio para o sistema (CAETANO & SILVA, 2009). A parte frontal da planta é mostrada na Figura 6.

Figura 6 - Parte frontal da planta de temperatura. (CAETANO & SILVA, 2009).

Para que esta planta fosse controlada remotamente por um usuário que acessa o laboratório, foi desenvolvido um programa em LabVIEW, cujo painel frontal é mostrado na Figura 7.

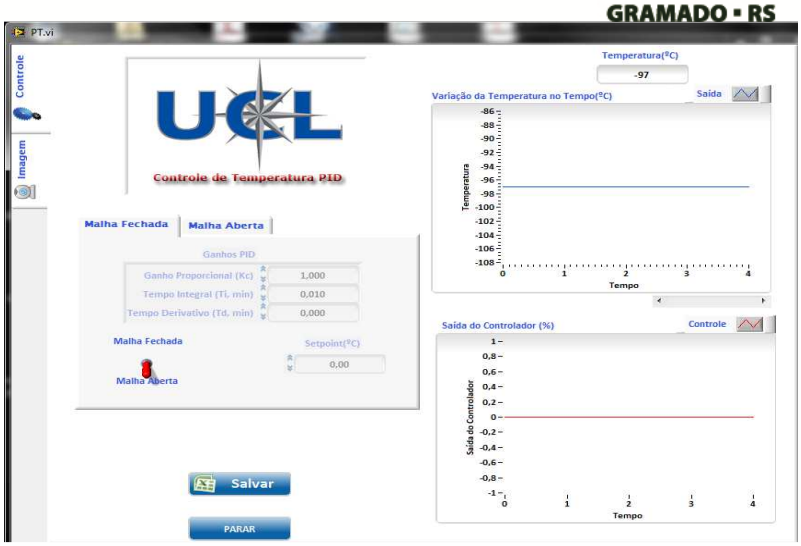

Figura 7 - Painel remoto frontal da planta de temperatura.

Neste painel o usuário visualiza dois gráficos na parte direita da tela. O superior, em azul, mostra a variação da temperatura no tempo. E o inferior, em vermelho, mostra o sinal de controle, seja em malha aberta ou malha fechada. Cabe ao usuário escolher qual a forma de controle lhe é mais conveniente, através da chave seletora, que fica azul quando o sistema está em malha fechada, e vermelha quando o sistema está em malha aberta. O botão "Salvar" guarda a aquisição de dados feita e a disponibiliza para *download*. Além disso, quando o sistema está em malha aberta, os controles de malha fechada ficam desabilitados, e vice-versa.

Para efetuar o controle em malha fechada (PID) da planta, utilizou-se a ferramenta *Control Design and Simulation*, do LabVIEW, que fornece blocos destinados a aplicações que envolvam controle de processos. O bloco usado nesta aplicação foi o "PID.vi", que implementa um algoritmo de controle PID Acadêmico (Equação 1), também conhecido como ISA ou Misto. Este bloco foi configurado para ter sua saída compatível com a saída PWM do Arduino, onde 0 representa 0V e 255 representa 5V.

$$u = K_c\left(e + {}^{1}/_{T_R}\int e dt + T_D\frac{de}{dt}\right) \quad (1)$$

O programa de controle da planta de temperatura também tem como funcionalidade a aquisição da imagem frontal da planta através de uma *Webcam*, que pode ser visualizada pelo usuário mediante a instalação de um *plug-in* adicional, chamado *Vision Run-Time Engine*. Esta imagem é uma foto tirada ciclicamente no período de cinco segundos, e tem por objetivo mostrar o indicador de temperatura, para que se confirme que a aquisição de dados está de acordo com os dados mostrados pelo indicador, além do usuário poder ter o contato visual com o experimento real.

4.2. Resultados

Para validar o uso, estabilidade e confiabilidade do sistema proposto, foram feitos testes de acesso e operação do sistema completo. Todos os testes foram feitos no Laboratório de Mecanismos e Automação da UCL – Faculdade do Centro Leste.

Foram utilizados como métricas para os testes o consumo de processador e memória do computador servidor, a medição do tráfego de dados na rede onde o experimento ocorreu, bem como a observação do tempo de resposta dos comandos feitos na planta de forma remota

e o tempo de chegada dos dados de aquisição. Os testes foram feitos utilizando como ponto de acesso um roteador D-Link modelo DSL-2640T. O computador servidor possui um processador Core2 Duo com frequência de operação de 2.2GHz, 3GB de memória RAM e sistema operacional Windows 7, versão 32 bits e *Webcam* usando a resolução de 320x240 pixels.

Os testes demonstraram que na maior demanda, com 3 usuários conectados à planta de temperatura, houve um tráfego de dados com pico da ordem de 970 kB/s e processamento de 19%. Também foram feitos testes sem a imagem da câmera, também com 3 usuários, e o consumo de processamento e memória é idêntico ao do funcionamento sem usuários conectados (7%). O tráfego de dados se deu na faixa de 3,3 kB/s.

Além destes testes, o tempo de resposta de aquisição e escrita de dados através do Arduino se deu próximo de 1 (um) segundo, e o acesso e *download* das páginas e painéis frontais se deu de forma satisfatória, em períodos de aproximadamente 3 a 4 segundos. Os controles do administrador também funcionaram perfeitamente com tempo de resposta de 2 segundos.

5. CONCLUSÕES

O tema Laboratórios Remotos mostra ser algo de elevado grau de importância, principalmente se tratando de cursos de engenharia – no caso deste trabalho Engenharia de Controle e Automação. A utilização de laboratórios e plantas didáticas confirma o estudo da teoria, desperta o interesse científico, estimula o aprendizado, contribuindo para formação mais sólida do estudante.

Os custos para aquisição e manutenção de plantas e laboratórios didáticos são altos, e muitas vezes o tempo limitado de aula dentro destes laboratórios não possibilita o investimento da IES. A saída adotada já há algum tempo por centros de estudos americanos e europeus é adaptar seus laboratórios físicos de maneira que professores e alunos possam utilizá-los de maneira remota. Fatores como distância, indisponibilidade de tempo, e dificuldades de locomoção em grandes centros urbanos não mais interferem na busca pela educação. Soma-se a tais benefícios a possibilidade de uma IES atuar em cooperação a outros centros de pesquisa e ensino e oferecer EaD. Tal solução adotada mostra-se efetiva, dado que as principais ferramentas necessárias já estão presentes na maioria das IES, como acesso à Internet, uso de servidores e estrutura de rede.

Neste trabalho, o objetivo foi desenvolver uma estrutura de acesso remoto a plantas físicas presentes em uma IES. Utilizou-se uma planta para controle PID de temperatura como base para adaptar. Demonstrou-se durante os testes de uso que a aquisição de imagens através da câmera trouxe um aumento significativo no tráfego de dados, mas que ainda assim foi possível realizar satisfatoriamente o controle da planta. No caso deste trabalho ser aplicado a plantas didáticas que demandem taxa elevada de aquisição de dados, ou um número grande de variáveis lidas e escritas, sugere-se implementação de controle de imagens – habilitar ou não, quantidade de imagens por segundo, taxa de compressão, etc.

Nos trabalhos já desenvolvidos na área, percebeu-se a complexidade trazida pela integração de vários *softwares* com o objetivo de constituir um Laboratório Remoto. Além disso, outro fator que foi notado é o alto custo dos projetos onde foram usadas placas de aquisição de dados, o que foi facilmente contornado com o uso do Arduino, tendo um baixo custo em relação às outras soluções. Sendo assim, foi desenvolvido um Laboratório Remoto que utiliza apenas uma plataforma (desenvolvido em LabVIEW) para fazer todo procedimento de acesso, controle, aquisição e escrita de dados, bem como o controle (por tempo, inatividade ou em tempo de execução) e monitoramento por parte do administrador.

Por ser utilizado apenas um *software* de desenvolvimento o projeto se tornou simplificado e flexível em sua estrutura, e ainda assim fornece todos os mecanismos necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. Introdução à engenharia. 1 Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

GOMES, L.; ZÚBIA, J.G. Advances on remote laboratories and e-learning experiences. Bilbao: Universidade de Deusto, 2007.

MOSSIN, E. A. Laboratório remoto para ensino a distância de sistemas de controle distribuídos. São Paulo: USP, 2006. Dissertação (Mestrado).

MÜLLER, D.; ERBE H-H. Collaborative remote laboratories in engineering education: Challenges and visions. Bremen: Universidade de Bremen, 2006.

OGIBOSKI, L. Laboratório remoto baseado em software livre para realização de experimentos didáticos. São Paulo: USP, 2007. Dissertação (Mestrado).

SILVA, E. J.; CAETANO, G. A. Projeto e implementação de uma planta didática para controle de temperatura. Serra: Faculdade do Centro Leste, 2010. Monografia (Graduação).

SILVA, J. B. A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem. Santa Catarina: UFSC, 2006. Tese (Doutorado)

SILVA, L. F. F. B. Laboratório Remoto para Monitorização e Controlo baseado em MATLAB/Simulink e LabVIEW. Lisboa: Universidade de Nova Lisboa, 2011. Dissertação (Mestrado).

SOUZA, A.L.; OLIVEIRA, J.C. Laboratórios acessíveis via internet: um recurso didático para ensino/aprendizado de engenharia elétrica. Anais: VII – Encontro de Ensino em Engenharia, Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

VALENTE, Carlos; MATTAR, João. Second Life e Web 2.0 na educação. 1 Ed. São Paulo: Novatec, 2007.

REMOTE LABORATORY FOR DISTANCE LEARNING OF PROCESS CONTROL

Abstract: *the growing use of information technologies inserted in the academic context and current speeds of Internet connection allow the realization of practical laboratory experiments via remote access in engineering courses. The aim of this study was to develop a framework for remote access and adaptation of physical plants present in an HEI. Was used as a basis for adapting a temperature plant, which allows manual or PID control of the temperature of an aluminum block, from room temperature to 200°C. A software was developed in LabVIEW, together with a Arduino UNO prototyping board that performs the data acquisition and writing. This set has the function to provide students the control of the plant and recording of the temperature data acquisition, serving to conduct the identification of the process in question and the correct PID controller design. For the laboratory administrator, this set allows control over the students, experiments, event registration, usage statistics and user registration. Even with the transmission of images, the plant control were satisfactory, with peak transmission rate of less than 1 MB/s while three users accessing the plant. The response time between a command sent by the user and receiving by the plant was close to 1 second, which should be taken in consideration depending on the type of application.*

Keywords: *Distance learning, remote laboratories, temperature control, LabVIEW, Arduino*