LUCIANO OGIBOSKI

**LABORATÓRIO REMOTO BASEADO EM SOFTWARE LIVRE
PARA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS**

São Paulo
2007

LUCIANO OGIBOSKI

**LABORATÓRIO REMOTO BASEADO EM SOFTWARE LIVRE
PARA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

São Paulo
2007

LUCIANO OGIBOSKI

**LABORATÓRIO REMOTO BASEADO EM SOFTWARE LIVRE
PARA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Sistemas
Eletrônicos

Orientador: Prof. Titular Francisco
Javier Ramirez Fernandez

São Paulo
2007

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho, com muito carinho,
às pessoas que fazem parte permanente
de minha vida e que sempre me
ajudaram a vencer os meus desafios:
minha amada esposa Cristiane,
meus pais Nilson e Adelia
e meus irmãos Nilson Jr. e Vitor.*

AGRADECIMENTOS

O meu mais sincero agradecimento ao meu orientador, professor Francisco Javier, pelas oportunidades de avanço em minha formação acadêmica e pessoal e também pelas lições que serviram de aprendizado em toda essa caminhada.

Sou muito grato ao meu amor, Cristiane, por todos os dias que passamos juntos, por seu carinho, compreensão, cumplicidade e principalmente por sua ajuda neste trabalho desde o princípio.

Durante o desenvolvimento deste trabalho tive a oportunidade de conhecer várias pessoas memoráveis e também de fazer grandes amizades. Muitos colaboraram direta ou indiretamente para o desenvolvimento de minha pesquisa, mas certamente todos fizeram parte de minha formação e de meu crescimento pessoal. Agradeço especialmente aos colegas: Alex Lopes de Oliveira, Domingos Bernardo, Jorge Corso e Mauro Braga.

Agradeço ao professor João José Neto por sua amizade tão especial, por sua disposição e alegria constantes e por ter estado sempre próximo e presente durante estes anos.

Agradeço também ao professor Walter Salcedo por ter me recebido tão atenciosamente e por ter me direcionado ao meu orientador.

Agradeço especialmente a comunidade mundial de software livre, grande responsável pelo crescimento e disseminação desta filosofia. São muitos anônimos solidários que merecem grande respeito. Desta comunidade recebi ajuda fundamental de Gudjon I. Gudjonsson da Chalmers University da Suécia, que merece agradecimento distinto.

Agradeço também a todas as pessoas não citadas nominalmente, mas que tiveram importante participação e colaboração na conclusão desta fase de minha vida.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa de estudo.

A arte de interrogar não é tão fácil como se pensa. É mais uma arte de mestres do que de discípulos; é preciso ter aprendido muitas coisas para saber perguntar o que não se sabe.

(Jean Jacques Rousseau)

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para controlar experimentos em instrumentos de medidas através da interface GPIB. O sistema criado tem objetivos educacionais e foi integrado a um ambiente de educação a distância, permitindo o acesso remoto a instrumentos reais para que possam ser utilizados em cursos on-line. Foi utilizado um sistema de gerenciamento de cursos on-line com ferramentas interativas e de fácil gerenciamento. O sistema escolhido permite a criação de cursos de forma modular, onde os componentes ou recursos de interação são escolhidos individualmente para cada ambiente novo criado. O objetivo deste trabalho foi a criação de um novo módulo para o sistema, que representa um laboratório remoto para realização de experimentos de aquisição de dados em instrumentos. Foi proposta uma arquitetura modular para laboratório remoto baseado em tecnologias de software livre, juntamente com a tecnologia de Web Services para integração entre o sistema de aquisição e o ambiente de educação a distância. Este trabalho oferece uma nova abordagem para instrumentação remota, fornecendo não apenas a extensão de um laboratório através da Internet e de sistemas distribuídos, mas também ferramentas interativas de educação a distância, favorecendo a interação e a comunicação entre usuários.

Palavras-chave: Instrumentação Virtual, Educação a distância, Sistemas Distribuídos.

ABSTRACT

This work presents the development of a data acquisition system to control experiments in measurement instruments through GPIB interface. The system created is intended to be applied for educational purposes, thus it was integrated to an online learning environment, enabling remote access to real instruments, to be used in e-learning courses. It was used an open source environment with interactive tools and easy management. Chose system allows modular e-learning courses creation, which learning components or interactive resources can be selected independently. The aim was to create a new module, representing a remote laboratory, to perform data acquisition experiments in instruments. It was proposed a modular architecture to remote laboratory based on open source technologies. It includes Web Services architecture to integrate data acquisition system and distance education environment. This research presents a differential approach for remote instrumentation. It represents not only an internet extension for laboratory, but also offer distance education interactive resources to improve user communication.

Keywords: Virtual Instrumentation, Distance Education, Distributed Systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1: Interact - Componentes</i>	43
<i>Figura 2: Interact - Interface de Usuário</i>	44
<i>Figura 3: Arquitetura de Web Services (KARL GOTTSCHALK, 2002)</i>	47
<i>Figura 4: Texto Limpo sem XML</i>	49
<i>Figura 5: Texto codificado em XML</i>	49
<i>Figura 6: Envelope, cabeçalho e corpo da mensagem SOAP (NEWCOMER, 2002)</i>	51
<i>Figura 7: Mensagem SOAP de solicitação(ROY e RAMANUJAN, 2001)</i>	51
<i>Figura 8: Mensagem SOAP de resposta(ROY e RAMANUJAN, 2001)</i>	52
<i>Figura 9: Analisador de Parâmetros de Semicondutores HP4156</i>	55
<i>Figura 10: Diagrama do Circuito SMU Simplificado (_____, 1995a)</i>	56
<i>Figura 11: Painel de Definição do HP4156A</i>	56
<i>Figura 12: Painel de Definição da Fonte</i>	57
<i>Figura 13: Estrutura do projeto, tecnologias e elementos de software</i>	64
<i>Figura 14: Elementos do sistema em desenvolvimento</i>	66
<i>Figura 15: Arquitetura do Projeto</i>	67
<i>Figura 16: Esquema da Estrutura de Aquisição</i>	69
<i>Figura 17: Esquema da Estrutura de EAD</i>	70
<i>Figura 18: Página de definição da medida em um Resistor</i>	72
<i>Figura 19: Gráfico com os pontos da curva característica de um resistor</i>	73
<i>Figura 20: Página de definição da medida</i>	74
<i>Figura 21: Gráfico com os pontos da curva característica de um diodo</i>	75

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Novos Paradigmas Educacionais (REINHARDT, 1995).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 2: Componentes do Interact</i>	<i>41</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIM-Lab	Automated Internet Measurement Laboratory
ASP	Active Server Pages
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DCOM	Distributed Component Object Model
EBW	Ensino Baseado na Web
FET	Field Effect Transistor
GNU	GNU is Not Unix
GPB	General Purpose Interface Bus
HP	Hewlett-Packard
HTML	HyperText Markup Language
IIS	Internet Information Services
IV	Instrumento Virtual
LGPL	Lesser General Public License
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
PHP	PHP Hypertext Preprocessor
SDM	Sistema Distribuído de Medição
SGML	Standard Generalized Markup Language
SIM	Sensores Integráveis e Microsistemas
SMU	Source Monitor Units
SOAP	Simple Object Access Protocol
TBJ	Transistor Bipolar de Junção
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol

UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
USP	Universidade de São Paulo
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
W3C	World Wide Web Consortium
WSDL	Web Services Description Language
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 INSTRUMENTAÇÕES VIRTUAL E REMOTA	18
2.1 INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL	18
2.1.1 PARÂMETROS QUE DESCREVEM A INSTRUMENTAÇÃO	19
2.1.2 HARDWARE E SOFTWARE	19
2.1.3 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS DE MEDIÇÃO	21
2.2 SISTEMAS CLIENTE/SERVIDOR	23
2.3 LABORATÓRIOS VIRTUAIS E REMOTOS	24
2.3.1 APLICAÇÃO DOS LABORATÓRIOS REMOTOS NA ÁREA MÉDICA	26
2.3.2 APLICAÇÃO DOS LABORATÓRIOS REMOTOS NO CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	27
2.3.3 APLICAÇÃO DOS LABORATÓRIOS REMOTOS: EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	27
2.4 MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	32
3 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	34
3.1 ELEMENTOS DE UMA ARQUITETURA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	36
3.2 LIMITAÇÕES DAS FERRAMENTAS DE AUTORIA PARA EDUCAÇÃO BASEADA NA WEB (EBW)	37
3.3 INTERAÇÃO E A EBW	38
3.4 O AMBIENTE DE APRENDIZADO ON-LINE INTERACT	39
4 WEB SERVICES	46
4.1 ARQUITETURA BÁSICA DE UM WEB SERVICE	47
4.2 TECNOLOGIAS	48
4.2.1 XML	48
4.2.2 SOAP	49
4.2.3 WSDL	52
4.2.4 UDDI	52
5 MATERIAIS E MÉTODOS	54
5.1 RECURSOS DE HARDWARE	54
5.1.1 O ANALISADOR DE PARÂMETROS HP4156A	55
5.2 RECURSOS DE SOFTWARE	60
5.3 METODOLOGIA ADOTADA	62
5.4 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	64
5.5 ARQUITETURA DO SISTEMA	66
6 RESULTADOS	68
6.1 CARACTERIZAÇÃO E ENSAIOS EXPERIMENTAIS	71
7 DISCUSSÃO	76

8 CONCLUSÕES	80
---------------------	-----------

9 REFERÊNCIAS	82
----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Um laboratório remoto pode ser descrito como a extensão de um ou mais instrumentos de medição real através de uma rede distribuída (por exemplo, a Internet), a fim de disponibilizar os seus recursos a usuários remotamente distribuídos. Um instrumento pode ser controlado através de um computador e trocar informações com uma interface gráfica em um navegador de Internet. Para isso são necessários, geralmente, uma placa de interface conectada ao computador para trocar informações com o instrumento, um servidor de interface com os instrumentos e a rede, e um sistema distribuído para realizar a troca de informações entre os usuários e os instrumentos (ARPAIA *et al.*, 2000; YEUNG e HUANG, 2003; CANFORA *et al.*, 2004).

A instrumentação virtual¹ é a disponibilização de um instrumento através do uso de um sistema computacional. Esta tecnologia surgiu como uma ferramenta de desenvolvimento para automatização de procedimentos laboratoriais e industriais. Os métodos convencionais de instrumentação, além de onerar os orçamentos, não satisfaziam as necessidades de apresentar diversos controles de dados e sinais ao mesmo tempo (TANER, 1997). As restrições da instrumentação convencional permitiram que a instrumentação virtual estendesse seu raio de ação e fosse disponibilizada em sistemas computacionais comuns através do uso de placas padronizadas para a aquisição de dados (GOLDBERG, 2000). Desta forma, a instrumentação virtual constitui-se em uma ferramenta que oferece flexibilidade, com múltiplas possibilidades de aplicação. O uso da instrumentação virtual tem se destacado também no contexto de controle e de monitoração de processos no

¹ O termo instrumentação remota é utilizado quando o sistema faz uso de uma rede de comunicação de dados.

âmbito industrial, na pesquisa e no desenvolvimento da eletrônica embarcada (BECK, 2001). A Internet surge como a principal ferramenta de apoio para o desenvolvimento de sistemas de controle que podem ser monitorados à distância, quando considerado sua facilidade de utilização e possibilidade de integração com diversas tecnologias. A rede está se tornando parte do cotidiano da população e essa rápida expansão se atribui a facilidade de comunicação e de busca de informações em fontes distribuídas pelo mundo; e a possibilidade de implementar e de gerenciar aplicativos com interface homem-máquina interativa e intuitiva. Esta última característica está sendo amplamente explorada e utilizada para aplicações em diversas áreas do conhecimento. A consolidação do uso da Internet como ferramenta de compartilhamento de informações, juntamente com o desenvolvimento de ferramentas modernas de controle, de aquisição e de distribuição de dados via rede de computadores, torna possível e impulsiona o controle e o acompanhamento de ensaios em ambientes experimentais remotos (BROFFERIO, 1998).

Após muitos anos, a educação a distância evoluiu do estudo por correspondência, por teleconferências, por redes de computadores e multimídia até chegar às atuais tecnologias baseadas na Internet. Esta evolução é caracterizada por novas abordagens de ensino, incluindo o ajuste de materiais instrucionais para diferentes mídias de distribuição. Com o advento da Internet uma nova geração de educação a distância emergiu. Como complemento para outros modelos educacionais, a Internet facilita o ensino através da possibilidade da implementação de interação síncrona e assíncrona e torna viável a utilização de novas ferramentas de educação. Aumentos na tecnologia de largura de banda e o acesso mundial a redes interconectadas transformaram a Internet e a *World Wide Web* (web) em um

sistema viável de distribuição de conteúdo para a educação a distância (BOURAS *et al.*, 2000).

Segundo Kirschner (KIRSCHNER e PAAS, 2001), atualmente a educação a distância é o instrumento mais promissor em educação, além de abrir inúmeras possibilidades de aplicação nos negócios e no comércio. Seus objetivos e expectativas são:

- Aumento do acesso ao ensino;
- Ensino mais personalizado;
- Ensino mais individualizado;
- Estímulo à colaboração e à cooperação de todos os participantes em todos os níveis educacionais;
- Maior poder aos educadores;
- Aumento da responsabilidade;
- Aumento da eficiência da educação;
- Redução de custos;
- Redução do tempo de capacitação do educador;
- Adoção rápida de novas informações e de novos programas.

Um ambiente de educação a distância pode ser usado para oferecer aulas virtuais ou remotas, conferências virtuais, trabalho colaborativo em projetos compartilhados entre instituições, troca de informações e de experiências entre professores, resultados e conclusões de pesquisas, assim como apresentações mais atrativas e mais versáteis dos conteúdos ensinados (PASSERINI e GRANGER, 2000). Na web, um curso à distância pode ser elaborado e distribuído com o auxílio de ferramentas gerenciadoras destes cursos ou pode ser simplesmente constituído por páginas HTML (ZAINA *et al.*, 2003).

Há vários exemplos de universidades que utilizam a educação a distância e/ou a instrumentação remota para apoiar o ensino tradicional ou para agir como um facilitador da disseminação de conhecimentos. Um exemplo é a *Open University*, na Grã-bretanha. Fundada há mais de trinta anos, se transformou em uma universidade inteiramente eletrônica e, atualmente, são oferecidos cursos de graduação e de pós-graduação totalmente on-line (MASON, 2000). O *MIT* (*Massachusetts Institute of Technology*) desenvolveu um laboratório remoto de caracterização de dispositivos microeletrônicos que permite a realização de experimentos com transistores e outros dispositivos microeletrônicos, a qualquer hora, de qualquer local, utilizando um navegador de Internet com interpretador Java (ROSS *et al.*, 1997). Na *Universidade de Sannio* na Itália, também foi criado um laboratório remoto para ensino de medições eletrônicas. O laboratório desenvolvido é direcionado a propósitos educacionais e fornece um sistema com hipertexto e um conjunto de experimentos básicos com assuntos relacionados a tópicos que fazem parte dos cursos de medições eletrônicas. Nestes experimentos, o usuário pode realizar medições remotas e carregar os resultados para processamento local, sem necessidade de nenhuma aplicação cliente adicional, apenas usando um navegador de Internet (CANFORA *et al.*, 2004). Em (YEUNG e HUANG, 2003) é descrito o desenvolvimento de um sistema de controle acessado remotamente o qual permite que alunos realizem experimentos de controle através da Internet.

Em pesquisa realizada pelo Grupo SIM (BORGES, 2002), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foi desenvolvido um laboratório de instrumentação virtual. Para disponibilizar experimentos remotamente através de um analisador de parâmetros, foram desenvolvidos instrumentos virtuais (IV), que são softwares responsáveis por obter parâmetros informados pelo usuário, pela

aquisição de dados e pelo compartilhamento das informações. Os instrumentos virtuais deste laboratório remoto foram gerados com o ambiente de Programação *LabVIEW*[®] e o compartilhamento dos dados foi realizado através da tecnologia *DataSocket*[®], ambos desenvolvidos pela *National Instruments*[®]. O *software* é um sistema formado por um Servidor de IV, um Controlador de IV e um Visualizador de IV. O Servidor tem as funções de estabelecer a comunicação com o *DataSocket Server*[®] e com os instrumentos de medida, de realizar as aquisições de dados, de enviar a aplicação cliente e de gerenciar os acessos dos usuários. O Controlador é responsável por estabelecer a comunicação com o *DataSocket Server*[®] e enviar os parâmetros necessários para a realização da experiência. O Visualizador é responsável por mostrar os valores adquiridos do aparato experimental. Para a interface com o usuário foi desenvolvido um sistema cliente que fosse acessível através de um navegador de Internet. O *DataSocket Server*[®] tem a função de trocar os dados entre o aplicativo cliente e os experimentos (BORGES, 2002).

Esta dissertação demonstra a criação de uma estrutura de laboratório remoto, onde possam ser executados experimentos de laboratório, através de um navegador de Internet, gerenciada por um ambiente de educação a distância. Desta forma os objetivos principais são:

- Desenvolver uma estrutura de laboratório remoto onde as aquisições de dados possam ser feitas em um ambiente local e os resultados possam ser visualizados em um ambiente de educação a distância;
- Criar uma estrutura genérica e modular baseada em *software* livre, onde instrumentos diferentes ou adicionais possam ser incluídos no sistema;
- Oferecer um ambiente de educação a distância com ferramentas eficientes para colaboração e interação entre os usuários. Portanto, disponibilizar um

laboratório juntamente com uma estrutura de apoio ao ensino e a comunicação.

Ainda, alguns objetivos específicos foram incluir também a busca por uma interface adequada para que os recursos de instrumentos estivessem disponíveis em um ambiente que permitisse abrigar uma interface para aquisições de dados e também pudesse oferecer outras ferramentas interativas aos usuários. Por fim, outro objetivo foi disponibilizar uma solução de baixo custo, ou custo zero, com a utilização de recursos de *software* livre no desenvolvimento do projeto e na plataforma gerada.

O capítulo 2 deste trabalho aborda o tema laboratórios à distância. A base teórica apresentada contribuiu para elaboração desta pesquisa. São detalhados também alguns dos laboratórios virtuais e remotos, relatados na literatura, que serviram como base para este trabalho ou contribuíram de alguma forma para a sua elaboração, ainda que apenas como modelo de comparação. São incluídos também os aspectos importantes para a elaboração e um sistema de instrumentação virtual e remota.

O capítulo seguinte refere-se a educação a distância, a educação baseada na web e a todas as questões realizadas e consideradas para encontrar um ambiente de gerenciamento de cursos à distância para ser agregado ao desenvolvimento do trabalho. São destacadas todas as questões importantes para a criação de um ambiente desta natureza, adequado às perspectivas atuais.

O quarto capítulo mostra uma revisão sobre a tecnologia de Web Services. Esta servirá como suporte importante para a elaboração do modelo de comunicação entre o sistema local de aquisição de dados e o ambiente de educação a distância.

No capítulo 5 são apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Os resultados, a discussão e as conclusões são abordados nos capítulos subseqüentes da dissertação.

2 INSTRUMENTAÇÕES VIRTUAL E REMOTA

Neste capítulo são apresentados conceitos básicos sobre sistemas que permitem o controle de instrumentos por meio de aplicativos computacionais locais ou remotos através da Internet, e também a descrição de alguns dos laboratórios virtuais pesquisados que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho. São demonstradas também as tecnologias e as metodologias utilizadas no desenvolvimento destes laboratórios acessíveis e disponíveis através da Internet.

2.1 Instrumentação Virtual

O crescente aumento na utilização da instrumentação tem provocado mudanças nos antigos procedimentos de controle e de medidas nos quais, para que testes fossem realizados, era necessário que o usuário ajustasse os parâmetros dos instrumentos físicos clássicos, que executavam tarefas específicas. Havia a necessidade de melhorar a utilização oferecendo maior liberdade de ação, de maneira a tornar os instrumentos físicos transportáveis, ou seja, uma forma de instrumentação mais flexível. As restrições técnicas ou econômicas da instrumentação convencional permitiram que a instrumentação virtual estendesse seu raio de ação e fosse inserida em computadores pessoais através de placas padronizadas para a aquisição de dados (TAN e SOH, 2001).

Em princípio, a instrumentação virtual é uma proposta para controle de processos, envolvendo instrumentos de medida, *software* e computadores. Através dela torna-se possível a realização de controle do fluxo de informações entre dispositivos por meio de interfaces padronizadas para comunicação, entre homem-máquina e máquina-máquina. O termo "instrumento virtual" deriva dos aspectos

realistas de operação que dizem respeito aos instrumentos clássicos (CRISTALDI *et al.*, 1999) como, por exemplo, voltímetros, osciloscópios entre outros, e foi originalmente concebido como uma ferramenta de desenvolvimento que automatiza procedimentos laboratoriais e industriais (MARINO *et al.*, 2000).

2.1.1 Parâmetros que Descrevem a Instrumentação

O sistema de instrumentação virtual pode ser descrito por quatro parâmetros (SPOELDER, 1999). O primeiro parâmetro está relacionado ao modelo de programação – a programação geralmente é gráfica, ou seja, é utilizado o paradigma de programação gráfica onde não é necessário digitar linhas de códigos para a execução de determinada atividade. O segundo parâmetro que descreve a instrumentação virtual é a estrutura de controle – diagramas de blocos que executam seqüências lógicas são dispostos de forma a executar o controle de um processo. A latência, citada como terceiro parâmetro, está relacionada ao tempo de resposta entre a mensagem do *software* e os instrumentos, ou seja, o tempo que um instrumento leva para responder a um comando proveniente de um *software*. E finalmente, os dispositivos específicos – como, por exemplo, osciloscópio e fonte de tensão, formam o conjunto descrito como o quarto parâmetro de um sistema instrumentação virtual.

2.1.2 Hardware e Software

Os microcomputadores e as técnicas de *software* têm tornado a instrumentação virtual uma forma sofisticada de controle, e muitos padrões de comunicação entre *hardwares* têm sido estabelecidos (WANG e GAO, 2000),

(TANER, 1997) para oferecer suporte aos dispositivos e interface para instrumentação.

A eficiência do projeto de instrumentação virtual pode estar relacionada ao próprio processo de programação, descrito anteriormente, onde para muitas soluções o usuário não precisa ser especialista para implementar o controle de um instrumento. Para que alguma atividade seja executada, basta conectar dois componentes gráficos dispostos em um painel frontal, quando utilizada uma linguagem de programação gráfica. Neste caso, as interfaces assemelham-se aos *displays* dos instrumentos reais, ou seja, utilizam a instrumentação virtual para que os indivíduos acostumados a trabalhar com instrumentação convencional também possam se adaptar a um novo tipo de ambiente (CRISTALDI *et al.*, 1999). Desta forma, é possível realizar controles e medições de diversos parâmetros simultaneamente, o que propicia a portabilidade da instrumentação convencional. O *software* que representa a utilização da instrumentação virtual e que se mostra como importante ferramenta para o desenvolvimento de projetos de instrumentação virtual é o *LabVIEW* da *National Instruments*. Trata-se de um ambiente de programação gráfica que utiliza programação flexível, possibilitando a integração entre *hardware* e *software*.

Na programação gráfica, o diagrama de blocos demonstra a lógica estabelecida para resolver um determinado problema através da conexão de ícones para implementar um controle. Esta estrutura reflete-se também na manutenção e na documentação de todo o programa gerado, reduzindo, desta forma, os erros de programação e de interpretação dos mesmos. Wang e Gao (WANG e GAO, 2000) afirmam que as interfaces elaboradas para controle por instrumentação virtual são responsáveis por:

- Manter contato com a unidade central de processamento e executar diferentes testes e funções para medição de sinais. Executar o controle de fluxo de informação de dispositivos periféricos (como sensor e circuitos de processamento de sinal) através de interfaces padrão;
- Adquirir mais de um tipo de dado e mostrar o resultado desta aquisição; acompanhar o fluxo de informação do controle de dispositivos periféricos (como sensor e circuitos de processamento de sinal) de forma a permitir análises futuras;
- Possibilitar a exibição e a análise de dados adquiridos;
- Gerenciar e arquivar dados, como a impressão, a comunicação dos instrumentos em rede, o acesso à Internet, ou seja, gerenciar dados de forma a permitir a troca de mensagens em rede local e/ou remota.

2.1.3 Sistemas Distribuídos de Medição

A instrumentação apresenta-se como uma ferramenta sofisticada para aquisição e monitoramento, a qual pode ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento, mostrando-se uma base eficiente e intuitiva na comunicação homem-máquina envolvendo redes de computadores.

As indústrias e os laboratórios de pesquisa têm uma necessidade crescente de automatização dos procedimentos de medida. Para esta perspectiva são considerados sistemas de medida com flexibilidade, adaptabilidade e capacidade de programação em aplicações complexas. Estas aplicações podem ser distribuídas (CRISTALDI *et al.*, 1999), ou seja, executadas através de redes de computadores com diferentes pontos de aquisição e de gerenciamento da informação. Do ponto de vista de sistema ideal, isto é, um sistema que ofereça ampla flexibilidade de acesso

concatenando as tecnologias de instrumentação, rede e Internet, pode-se imaginar a implementação de um sistema distribuído de medição (SDM). Um SDM é composto por dispositivos computacionais heterogêneos, por redes de comunicação e por um sistema de controle de instrumentos (KATCHABAW *et al.*, 1997) com aplicações distintas. Porém, os sistemas de controle distribuídos apresentam limitações consideráveis que podem restringir sua aplicação em laboratórios virtuais, sendo a primeira relacionada ao número de centrais de processamento distribuídas na rede, seja esta de pequena ou de grande proporção. O uso de subsistema de aquisição em rede permite ampliar a capacidade de aquisição da unidade de processo, porém as interferências nos sinais que trafegam por uma rede de computadores não devem ser esquecidas (CRISTALDI *et al.*, 1999). Pode haver ruído cujo grau de interferência está relacionado ao meio físico de interligação dos computadores. Uma segunda restrição dos SDMs está relacionada à área operacional coberta por uma única unidade de processamento (LEE e SCHNEEMAN, 1999). Não é recomendável que os sensores e o subsistema de aquisição estejam geograficamente distantes da fonte geradora de sinais elétricos, de acordo com a especificação de qualidade oferecida pelas placas de aquisição.

As limitações dos sistemas distribuídos de medição estão relacionadas também ao desempenho das redes de computadores e a todos os problemas que estas apresentam, como por exemplo, atrasos devido ao tráfego intenso de informações na rede. O tópico seguinte oferece uma breve introdução sobre sistemas cliente/servidor, considerando este para um sistema de aquisição de dados.

2.2 Sistemas Cliente/Servidor

A arquitetura de sistemas de controle, em laboratórios virtuais, citada na literatura, é baseada na comunicação cliente/servidor. Esta arquitetura é composta por dois ou mais computadores em um sistema no qual o processamento da informação é dividido em módulos ou processos distintos de maneira a executar dois serviços: Servidor – cuja função é disponibilizar serviços aos usuários do sistema; e Cliente – cuja função é permitir aos usuários o acesso aos serviços disponibilizados pelo servidor. Sendo assim, alguns processos são responsáveis pela manutenção da informação (servidores) e outros são responsáveis pela obtenção dos dados (clientes). Os processos cliente enviam pedidos ao processo servidor, e este por sua vez processa e envia os resultados dos pedidos aos clientes solicitantes. Assim, em uma rede cliente–servidor, pode existir somente uma estação servidora de disco, uma servidora de impressora, uma servidora de correio eletrônico, etc. Dentre as vantagens que podem ser destacadas na utilização da arquitetura cliente/servidor estão:

- **Escalabilidade** - Um sistema cliente/servidor pode ser expandido verticalmente pela adição de mais recursos adicionados ao computador, com a função de disponibilizar informação para qualquer cliente solicitante;
- **Independência de plataformas** - Os sistemas cliente/servidor não ficam restritos a um ambiente de *software* ou *hardware*;
- **Flexibilidade** - oferecem a possibilidade de vários clientes acessarem informações em um único servidor, em diferentes pontos da rede;
- **Fácil Acesso aos Dados** - o processo cliente gerencia a interface, deixando o servidor livre para manipular os dados e este, por sua vez, torna-se mais disponível;

- **Redução de Custos Operacionais** - Como os custos de *hardware* e *software* estão constantemente sendo reduzidos, a troca dos sistemas grandes por sistemas com redes integradas pode ser realizada com baixo custo.

O desenvolvimento de sistemas de controle para Internet pode utilizar a arquitetura cliente/servidor. O servidor, situado próximo ao experimento, transfere comandos transmitidos pelo cliente (OVERSTREET e TZES, 1999). No caso dos laboratórios virtuais pesquisados, o servidor é o responsável pelo controle dos instrumentos, recebendo e enviando comandos provenientes do cliente para alterar, por exemplo, o estado dos dispositivos de medida. Desta forma, a comunicação entre os computadores traduz-se em um esquema de interação entre os processos cliente e servidor, resultando em uma troca cooperativa (BERTOCCO *et al.*, 1998). Com esta técnica os usuários podem compartilhar informações de experimentos remotos interagindo com os programas controlados pelo servidor através da rede.

2.3 Laboratórios Virtuais e Remotos

Os termos laboratório virtual e remoto podem gerar alguma confusão entre si, mas basicamente, laboratório virtual trata-se de um *software* de computador com capacidade de realizar (ou de simular) leituras de dados em instrumentos. Por outro lado, um laboratório remoto é constituído por uma estrutura de *hardware* e *software* para aquisição de dados em instrumentos reais, com experimentos também reais, sendo a manipulação do instrumento realizada necessariamente através de uma rede de computadores (NEDIC *et al.*, 2003).

O uso da Internet e da tecnologia *Web* em laboratório interativo de medidas é realizado com o propósito de fornecer flexibilidade no controle de processos industriais e na educação de alunos em localidades distantes da sala de aula ou da

universidade (ALTPETER *et al.*, 1995). A tecnologia *Web*, baseada nos princípios de hipertexto, está altamente focada na interface homem-máquina, oferecendo um caminho fácil e intuitivo de acesso a dados (BILLE e PUGLIESE, 1997), utilizando também a arquitetura cliente/servidor.

A Internet mostra-se como a fonte de comunicação ideal para o compartilhamento de controles sofisticados e de diversos dados, provenientes de experimentos que utilizam a instrumentação virtual, exatamente por oferecer uma interface homem-máquina intuitiva, de fácil manuseio. Proporciona a criação de ambientes virtuais que podem reproduzir aspectos do mundo real (ALLEN, 1998) possibilitando aos estudantes e aos pesquisadores apreciar a consequência de seus comandos, observando o estado inicial e o final do aparato experimental.

Ambientes interativos para monitoração de ensaios experimentais de forma remota, desenvolvidos ou em desenvolvimento, não pretendem ocupar espaço apenas na área acadêmica, mas estender sua utilização para outras áreas que também necessitem de uma maior integração e troca de informações (BORGES *et al.*, 1999). Os Laboratórios Remotos, descritos na literatura acadêmica, demonstram a união de técnicas de instrumentação virtual com tecnologias de *hardware* e de *software* para controle de instrumentos à distância. Os ensaios experimentais são desenvolvidos com base na instrumentação virtual para que o controle de instrumentos possa ser realizado através de um computador conectado diretamente aos instrumentos físicos. Um laboratório de medidas que pode ser conduzido via Internet deve satisfazer um dos dois requisitos principais:

- O primeiro refere-se à utilização de sistemas de instrumentação de fácil utilização e que sejam executados de forma eficiente para o compartilhamento de instrumentos complexos e de alto custo. Neste caso o

instrumento existe fisicamente e é compartilhado via rede de computadores, tratando-se de instrumentação remota;

- O segundo diz respeito a tornar a instrumentação disponível para acesso por computador, onde o instrumento é implementado e existe virtualmente, dispensando a presença do instrumento físico e funcionando próximo ao computador (BERTOCCO *et al.*, 1998). Por exemplo, um osciloscópio implementado no próprio computador funcionando como um osciloscópio físico, constituindo a chamada instrumentação virtual.

2.3.1 Aplicação dos Laboratórios Remotos na Área Médica

Na área médica tem se destacado o controle e o acompanhamento de processos de forma remota. Um exemplo é o sistema de monitoramento de sinais vitais onde o médico pode acompanhar a evolução do estado clínico de pacientes internados em uma UTI (Unidade de Terapia Intensiva) especial. Caso ocorra alguma situação inesperada, o médico é avisado por e-mail ou por outro meio de comunicação como Pager (REGGIANI, 2000). Isso proporciona um menor desgaste para o médico, que pode minimizar o tempo de deslocamento para visitar cada paciente, centralizando o controle, e possibilitando uma maior organização relacionada a cada paciente.

O acesso universal e a infra-estrutura de rede, que podem facilitar o compartilhamento seguro de informações sobre pacientes e dados clínicos, tornam a Internet o meio ideal para o desenvolvimento de aplicativos visando a monitoração de pacientes geograficamente distantes do médico ou do ambulatório médico. Os sistemas de tele-medicina baseados na *Web* (MAGRABI *et al.*, 1999) incluem, por exemplo, serviços de monitoração do sistema cardíaco em tempo real. A

importância deste tipo de monitoração pode ser fundamental para a recuperação do paciente, uma vez que este pode estar longe do hospital, recuperando-se próximo aos familiares.

2.3.2 Aplicação dos Laboratórios Remotos no Controle de Processos Industriais

O controle de processos industriais também pode ser realizado de forma remota utilizando basicamente a mesma tecnologia aplicada no desenvolvimento de um laboratório virtual voltado a educação a distância, ou seja, instrumentação, arquitetura cliente/servidor, sendo o servidor o responsável pelo controle efetivo do aparato experimental e o cliente sendo o responsável pelo monitoramento via Internet.

2.3.3 Aplicação dos Laboratórios Remotos: Educação a distância

O desenvolvimento e a utilização de laboratórios virtuais nos quais estudantes e pesquisadores controlam instrumentos, muitas vezes específicos, de forma remota, onde existe uma metodologia de coleta e de análise de dados, constituem-se em atividades recentes e promissoras que unem diferentes tecnologias para a elaboração de sistemas sofisticados e seguros.

Com as ferramentas (*software* e *hardware*) disponíveis no mercado, um novo modelo de ensino tem se destacado. Este modelo envolve o uso de redes de computadores e ensaios experimentais monitorados por computador, tornando as atividades experimentais disponíveis aos estudantes localizados à distância dos laboratórios convencionais.

A educação a distância está sendo amplamente explorada por diversas áreas em decorrência dos avanços da tecnologia e das novas oportunidades que surgem com o uso crescente da Internet. Além do meio de comunicação promissor para todas as áreas, os avanços tecnológicos da instrumentação iniciam uma evolução dos antigos conceitos de ensino, principalmente onde a teoria e a prática ficavam distantes (HONG *et al.*, 1999). O ensino tradicional envolve duas etapas: conceitos e prática. Nas classes tradicionais os conceitos são ensinados em aulas expositivas e reforçados em seções de laboratório onde os alunos têm a oportunidade de testar os conceitos assimilados (SALZMANN *et al.*, 1998; HESSELINK *et al.*, 1999; HONG *et al.*, 1999). Uma das aplicações que tem obtido destaque no meio educacional é o laboratório virtual ou remoto como ferramenta de apoio na tentativa de melhorar a qualidade de ensino, de incentivar o uso de novas tecnologias (CRISTALDI *et al.*, 1999; BENETAZZO *et al.*, 2000; PASSERINI e GRANGER, 2000) e de atender a um número maior de alunos em aulas práticas.

É exatamente esta a proposta da maioria dos laboratórios virtuais pesquisados, ou seja, oferecer algo a mais para complementar o ensino, permitindo que os alunos sejam beneficiados e possam usufruir das novas tecnologias na sua formação educacional. Existe uma dificuldade particularmente no ensino da engenharia elétrica e eletrônica relacionada ao tempo necessário para elaborar, montar e testar experimentos (ARPAIA *et al.*, 2000), ou seja, os problemas concentram-se no ensino e na prática experimental. A solução amplamente divulgada trata da disponibilização dos instrumentos reais para acesso remoto, e é baseada nas tecnologias de Internet. Neste caso, há um *software* que foi desenvolvido para controlar o acesso aos instrumentos no microcomputador, que é o

servidor de informação para o aluno geograficamente distante do aparato experimental.

O *AIM-Lab* (*Automated Internet Measurement Laboratory*) (HONG *et al.*, 1999), laboratório fisicamente localizado na Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, oferece um módulo do curso de caracterização de dispositivos de semicondutores para alunos de graduação, pós-graduação e pesquisadores.

A disponibilidade das alternativas de implementação oferece escolhas entre simplicidade, independência de plataforma e eficiência do sistema (HONG *et al.*, 1999). Sendo assim, o sistema elaborado permite o uso eficiente de instrumentos laboratoriais em 40 cursos presenciais ou à distância, relacionados à caracterização de dispositivos semicondutores com acesso remoto pela Internet (BERNTZEN *et al.*, 2001). O *AIM-Lab* foi elaborado como um sistema baseado na arquitetura cliente/servidor utilizando a linguagem Java para o desenvolvimento do cliente e Visual C++, para o servidor. A linguagem Java oferece *design* flexível, sendo uma linguagem de programação conveniente para redes distribuídas que necessitam de portabilidade para o sistema. Para o desenvolvimento do servidor *AIM-Lab* foi escolhido o Visual C++ pois os *drivers* dos instrumentos utilizam funções em linguagem C, tornando a troca de comandos entre servidor e instrumentos uma tarefa mais simples devido à facilidade de integração.

Para a execução dos experimentos no *AIM-Lab* (WULFF *et al.*, 2002) nenhum *software* específico adicional precisa ser instalado pelo usuário. Qualquer usuário, através de uma página de Internet acessa o programa cliente desenvolvido em Java. Os comandos gerados de acordo com o conjunto de parâmetros especificados pelo usuário são enviados ao servidor através do *socket TCP/IP*, acrônimo de *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol* – protocolos utilizados

para comunicação pela Internet - implementados nos dois *softwares*, cliente e servidor, para que a comunicação via Internet seja estabelecida. O *socket*, neste caso, representa um pequeno programa que é utilizado para comunicação entre processos de maneira bidirecional em sistemas de computação, em redes locais e globais. O canal de comunicação criado com um *socket* pode ser como o de uma linha telefônica onde a conversa é bidirecional, e quando um fala, o outro escuta e vice-versa (WULFF *et al.*, 2002). Para evitar atrasos na comunicação, o servidor estabelece uma fila de usuários onde cada solicitação de usuário representa para o servidor um serviço a realizar e o local da fila somente é desocupado quando o serviço em execução é finalizado e os dados são enviados ao cliente solicitante.

Na universidade de *Stanford* há um laboratório virtual (HESSELINK *et al.*, 1999) onde os alunos podem manusear instrumentos que não estão limitados à engenharia, estendendo as aplicações aos cursos de biologia, medicina, química, entre outras áreas relatadas na literatura. O enfoque do laboratório desenvolvido está relacionado à forma de apresentação para que alunos possam utilizar uma ferramenta didática nos cursos oferecidos pela universidade (WALLER e FOSTER, 2000). Destacam-se aspectos como a interatividade e a flexibilidade, ou seja, os critérios para a elaboração de *software* com qualidade reconhecida utilizando linguagens de programação que facilitem a interação usuário-máquina através de redes de computadores.

Na universidade de *Dalhousie* (PATON, 1998) é possível utilizar instrumentos de óptica sem a necessidade da presença física no ambiente experimental. O *Virtual Laser Lab* (HESSELINK *et al.*, 2003) permite que experiências que oferecem alto risco ao ser humano, sejam testadas de forma segura. Tudo é controlado com o auxílio de um *software* de controle distribuído,

acessado pelo navegador de Internet na rede. Neste laboratório o navegador pode exibir o controle inserido no laboratório virtual desenvolvido, utilizando as linguagens Java e JavaScript. O sistema utiliza *LabVIEW*[®] e possui controle de uma câmera de vídeo disponibilizando imagens do ambiente em tempo real.

Na Universidade Nacional de Singapura (SHIN *et al.*, 2002), os alunos testam seus conhecimentos e a teoria assimilada com o auxílio de instrumentos e de componentes, podendo fixar os conhecimentos adquiridos durante as aulas teóricas. Para o desenvolvimento foram utilizadas as linguagens Java, *HTML* e o *software LabVIEW*[®] como ferramentas de implementação do sistema, estabelecendo comunicação através da Internet com o protocolo *TCP/IP* no esquema cliente/servidor já antes mencionado. Este laboratório possui também infra-estrutura para teleconferência disponibilizando imagens e sons do ambiente de experimentação em tempo real (SALZMANN *et al.*, 1998). Esta alternativa é mais viável em ambientes onde há a utilização de meios de transmissão como fibra óptica, pois a transmissão de imagens em redes de ampla extensão exige grande velocidade de transmissão proporcionada por meios ópticos, o que encarece o desenvolvimento do sistema.

O aumento na largura de banda e a maior difusão da Internet, não apenas tornam a rede viável como sistema de educação a distância, mas também deverão ser responsáveis pelo desenvolvimento desta recente metodologia de ensino nos próximos anos. Porém uma das deficiências existentes para cursos de educação a distância é a falta de aulas práticas em laboratório (BOURAS *et al.*, 2000). Sendo assim, o desenvolvimento de laboratórios remotos torna-se relevante para esta nova abordagem de ensino (FERNANDEZ *et al.*, 2000).

Dentre as vantagens identificadas na utilização da educação a distância para desenvolvimento de habilidades práticas na engenharia, destacam-se:

- Possibilidade de acesso a experimentos a qualquer hora do dia, como forma de estímulo para que alunos tenham maior interesse pelos temas abordados em aula;
- Uso de ferramentas interativas para auxiliar o aprendizado;
- Compensação da ausência do professor. Desde que haja acompanhamento dos acontecimentos e dos caminhos que o curso está seguindo, a ausência de professor pode ser suprida. Este problema pode ser minimizado também com a utilização de salas de bate papo - *chats* - onde alunos e professores interagem por meio da rede para esclarecer dúvidas e para discutir sobre assuntos pertinentes ao experimento realizado e a teoria relacionada.

2.4 Motivação para o Desenvolvimento do Trabalho

Dentre as vantagens que a instrumentação virtual oferece destacam-se a flexibilidade e a redução de tempo necessário para criação dos controles. Representando uma nova geração, os instrumentos virtuais estão sendo incorporados aceleradamente ao desenvolvimento de aplicações na indústria em geral, na área da educação, entre outras.

Praticamente todas, senão todas, as propostas e implementações de laboratório virtual e remoto utilizam alguma ou várias ferramentas e arquiteturas de desenvolvimento proprietárias, como nos exemplos baseados na plataforma *LabVIEW*® da *National Instruments*. Além disso, atualmente as tecnologias de Internet oferecem novas abordagens e possibilidades mais vantajosas do que as

que foram apresentadas acima, como as tecnologias para sistemas distribuídos baseados em Web Services.

O principal objetivo do desenvolvimento deste trabalho foi criar um ambiente alternativo de aquisição de dados aliado a uma estrutura de educação a distância. Outra meta foi criar uma arquitetura usando apenas *software* livre para o desenvolvimento deste ambiente, visto que uma das grandes preocupações atuais é o custo das soluções baseadas em plataformas proprietárias. Assim, o trabalho oferece um sistema de custo próximo de zero, tanto no desenvolvimento quanto na estrutura do sistema. Com isso o objetivo de socializar o uso de instrumentos de alto custo pode ser mais facilmente alcançado. Além disso, isto contribui para a disseminação e para a popularização das tecnologias e das soluções de *software* livre.

A tecnologia de Web Services (detalhada no capítulo 4) atende as expectativas deste trabalho com relação à integração de um sistema de aquisição de dados e um ambiente de ensino à distância, onde um dos objetivos é criar uma estrutura de aquisição de dados e oferecer o controle de instrumentos através de serviços oferecidos por um servidor.

3 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

A grande expansão e a facilidade de acesso à Internet na última década tornam possível a criação de várias ferramentas que auxiliam na educação de populações no mundo contemporâneo. O uso de ferramentas especializadas na produção de material educacional ou de ambientes de autoria agregados à Internet pode ajudar a aprimorar os meios convencionais de educação a distância em diversos aspectos: possibilitando troca de informações e de recursos de forma mais rápida, acessando especialistas em inúmeras áreas, mantendo atualizado o material relativo aos vários domínios de interesse, possibilitando a formação de equipes de trabalho cooperativo independentemente das distâncias geográficas e acessando várias formas diferentes de arquivos e de repositórios de informações.

As tecnologias atuais constituem uma grande mudança no paradigma educacional. Na tabela 1 está representada uma comparação feita por Reinhardt (REINHARDT, 1995) entre modelos antigos e novos de aprendizagem.

Modelo Antigo (docente)	Modelo Novo (discente)	Implicações Tecnológicas
Aulas expositivas	Processo de facilitação	Rede de computadores com acesso à informação
Estudante espectador	Estudante colaborador	Requer habilidades de desenvolvimento e de simulação
Aprendizagem individual	Aprendizado em equipe	Ferramentas colaborativas e <i>email</i>
Professor como fonte	Professor como guia	Requer acesso a especialistas
Conteúdo estável	Conteúdo dinâmico	Requer redes e ferramentas de publicação
Homogeneidade	Diversidade	Requer uma variedade de ferramentas de acesso e métodos

Tabela 1: Novos Paradigmas Educacionais (REINHARDT, 1995)

As possibilidades oferecidas por estas tecnologias de informação e de comunicação para a reconstrução educacional, segundo Krämer (KRÄMER, 2002), são:

- Apresentação de materiais de aprendizagem através de todos os tipos de mídias disponíveis, tais como textos, gráficos – em duas e três dimensões –, sons, imagens, vídeos e simulações;
- Sincronização entre estas mídias, para explicar a sequência de processos complexos, visualizados através de animações e de comentários;
- Construção de aplicações com conceitos hipermídia;
- Movimentação livre, com auxílio de mecanismos de pesquisa e de navegação, para que o estudante possa mover-se livremente em busca de informações, seguindo seu estilo pessoal e seus interesses;
- Oferecimento de diferentes ferramentas para que as operações seqüenciais e os caminhos de aprendizado preferidos possam ser gravados, avaliados e reativados, se necessário. O estudante pode adicionar suas próprias referências estruturais e suas notas pessoais nos materiais dos cursos.

A tabela 1 demonstra também que este tipo de paradigma educacional, devido à sua característica dinâmica, exige o apoio de ferramentas de publicação eficientes, para permitir ao professor a elaboração do conteúdo instrutivo, e de uma infra-estrutura computacional robusta, capaz de dar apoio às diversas atividades exigidas do aluno.

A rápida evolução da educação a distância faz com que haja uma maior adaptação aos principais recursos exigidos pelo novo paradigma educacional, onde se destacam materiais educacionais de tipos variados, com ênfase para a Web baseada em recursos.

3.1 Elementos de uma Arquitetura de Educação a distância

Atualmente, no mercado de educação a distância e de ensino baseado na web (EBW), existe uma grande quantidade tanto de produtos baseados em tecnologias como de soluções baseadas em conteúdos. Esta área está em contínua evolução, porém existem algumas categorias de funções aceitas de maneira genérica, constituindo uma arquitetura para estes sistemas. Nick van Dam (DAM, 2004) apresenta esta arquitetura da seguinte forma:

- Sistemas de gerenciamento de ensino: projetados para dar suporte ao gerenciamento do aproveitamento dos alunos através do acompanhamento do progresso e do rendimento entre todas as atividades de aprendizado. Têm também as funções de gerenciamento, de administração e de avaliação do aprendizado;
- Sistemas de gerenciamento de conteúdo de ensino: tipicamente são sistemas formados por quatro características principais – (1) uma aplicação para autores, (2) uma coleção de objetos de aprendizado, (3) uma ferramenta para submeter conteúdo do curso para um sistema com interface e, (4) ferramentas administrativas;
- Ferramentas de desenvolvimento de conteúdo: auxiliam o desenvolvimento de conteúdo para os cursos. Estas ferramentas permitem que pessoas que não são programadores criem conteúdos de aprendizado através da manipulação de objetos como animações, áudio, gráficos, e também definam os relacionamentos entre os objetos e a seqüência que devem ser organizados;
- Ferramentas de ensino colaborativo: são técnicas que dão suporte ao aprendizado através da troca e do compartilhamento de informações e de

conhecimento entre os estudantes. Estas ferramentas sustentam o princípio de ensino baseado na colaboração, através de edição e de compartilhamento de documentos em tempo real, fóruns de discussão, “*brainstorming*” e geração de idéias, documentos multimídia e produtividade em grupo;

- Ferramentas síncronas para educação a distância: estas ferramentas permitem a criação de salas de aula virtuais, onde os responsáveis pelos cursos podem organizar grupos de estudantes dispersos geograficamente para participar de uma aula. Da mesma forma que acontece em uma sala de aula real, os estudantes podem interagir com o professor e vice-versa. As ferramentas utilizam tecnologias de Internet para a transmissão de vídeo, de áudio e de dados;
- Portais de ensino: fornecem um ponto de acesso a uma grande quantidade de informações e de serviços de ensino. Geralmente são usados para organizar informações em tópicos específicos ou em áreas de interesse. Podem incluir também catálogo e registro de cursos, suporte educativo, e fóruns de participantes como comunidades, boletins informativos e Chat.

3.2 Limitações das Ferramentas de Autoria para Educação Baseada na Web (EBW)

Existem várias ferramentas para a construção de sistemas EBW. Dentre as descritas em González (GONZÁLEZ, 2000) podem-se citar: Learning Space, CourseInfo, TopClass, WebCT, WBC e AuthorWare, entre outras. Todas elas apresentam as seguintes limitações:

- Não têm explícitas, em sua construção, representações de teorias de projeto instrucional e de aprendizagem, nem ligações para estas representações. O

responsável pelo desenvolvimento, e não a ferramenta, é que deve conhecer estas teorias;

- São pouco amigáveis e inteligentes, ou seja, não são capazes de adaptar-se ao comportamento e às circunstâncias sob a qual o usuário trabalha;
- Não existe suporte para compartilhamento e para reutilização dos materiais de aprendizagem, ou de seus componentes, desenvolvidos em outros sistemas educacionais.

Considerando-se estas limitações, o processo de elaboração de material de aprendizado nestas ferramentas é difícil para quem não tem experiência em elaborar páginas Web. As ferramentas não oferecem suporte para o processo de autoria. Além disso, não há ferramentas que suportem o desenvolvimento dos materiais de aprendizagem para que estes possam ser apresentados, modificados e interligados consistentemente. Isto somente é possível se os materiais de aprendizagem produzidos puderem ser anotados, com referências apropriadas.

3.3 Interação e a EBW

Muitas vezes, os termos educação a distância e educação baseada na Web são utilizados como sinônimos. Educação baseada na Web refere-se ao uso da plataforma Internet para a criação de ferramentas que permitem o desenvolvimento de sistemas de educação a distância. Freire (FREIRE, 1978) diz que: “A educação autêntica, repitamos, não se faz de ‘A’ para ‘B’ ou de ‘A’ sobre ‘B’, mas de ‘A’ com ‘B’, mediados pelo mundo”. González (GONZÁLEZ, 2000) define Educação a distância como: “um sistema didático, de comunicação pedagógica não contínua, unidirecional ou bidirecional, organizado em forma de auto-estudo, onde as ações dos professores são executadas de forma independente das ações dos alunos, onde

a comunicação professor-aluno e aluno-aluno está distribuída no tempo, no espaço, ou em ambos, sem que fique excluído o contato direto entre eles”. Da afirmação de Freire, pode-se concluir que educar refere-se basicamente à interação, e da definição de González, que a educação a distância é composta de três fatores básicos: distância, independência e interação. Destes fatores, a questão que mais gera controvérsias é interação, que se constitui em um dos principais problemas para a educação baseada na Web. Anderson (ANDERSON, 2003), define interação como: “Eventos recíprocos que requerem no mínimo dois objetos e duas ações. A interação ocorre quando estes objetos e eventos mutuamente influenciam um e outro”. Moore (MOORE, 1989) sugere que as aplicações em educação a distância devem ter, no mínimo, três tipos de interações:

- Interação estudante-conteúdo;
- Interação estudante-professor;
- Interação estudante-estudante.

3.4 O Ambiente de Aprendizado On-line Interact

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhida uma ferramenta de gerenciamento de cursos on-line que servirá de base para a estrutura de laboratório remoto desenvolvida. A ferramenta Interact foi escolhida em função dos vários fatores discutidos anteriormente que são considerados positivos, negativos ou essenciais para uma estrutura de educação a distancia. A ferramenta e suas características são apresentadas nesta seção.

O Interact é uma plataforma de ensino on-line desenvolvida em um projeto de *software* livre não proprietário (*open source*) com o objetivo de atender a necessidade do *Christchurch College of Education*, na Nova Zelândia, em

disponibilizar um ambiente para cursos on-line à distância. Esta ferramenta se mostrou muito eficiente e robusta. Está em uso há alguns anos e atualmente suporta por volta de 1000 sites e mais de 3500 alunos. Uma das características principais da ferramenta é oferecer os recursos de forma modular, onde o administrador do curso pode incluir ou remover componentes de interação no seu próprio curso, fazendo com que cada curso tenha um formato único. O Interact ainda possibilita um gerenciamento muito eficiente dos cursos e dos estudantes onde o professor pode ter maior controle da evolução das atividades em desenvolvimento de cada grupo ou estudante ("Interact White Paper," 2005).

O Interact é um sistema de gerenciamento de cursos à distância, presenciais e semipresenciais, que pode ser usado como um portal ou Intranet e também oferece aos educadores e aos estudantes uma quantidade significativa de ferramentas de aprendizagem pela Internet dentro de uma interface amigável. É um sistema que se propõe a hospedar cursos baseados em páginas HTML e recursos multimídia, oferecendo o suporte necessário para a organização de alunos, turmas, matrículas, avaliações, *chat*, listas de discussão, entre outros. Um curso no Interact é formado por componentes e módulos. Uma turma pode ter várias disciplinas e uma disciplina pode fazer parte de um ou vários módulos. Os componentes disponíveis no sistema são divididos em três tipos. A tabela abaixo representa estes tipos e os componentes disponíveis:

Interação
Fórum
Grupos de Trabalho
Caixa de Entrada
Compartilhamento de Conteúdo
Chat
Anotações/Blog
Livro de Classe
Quis/Provas
Conteúdo
Pasta
Arquivo
Link
Nota
Página
Calendário
Base de Conhecimento
Bloco de Notas
Pacotes IMS/SCORM
Cabeçalho/Espaçador
Novo Espaço
Usar Componentes Existentes
Link para um Componente
Copiar um Componente

Tabela 2: Componentes do Interact

O sistema é organizado por módulos, que são as áreas específicas para os cursos dentro do servidor do Interact, constituindo tudo o que representa um curso, como por exemplo, componentes, notícias gerais e área de informações. Pode-se criar também uma hierarquia com a adição de sub-módulos, como uma forma de organização de conteúdos, alunos e turmas. Montados os módulos (ou disciplinas), o professor pode disponibilizá-los para turmas selecionadas de alunos, que podem

estar cursando uma ou mais disciplinas. O módulo pode ser configurado com vários níveis de acesso, como:

- Irrestrito, acessível para qualquer pessoa que acesse o site;
- Restrito a usuários registrados;
- Restrito a membros que tenham um código de acesso.

O componente é a unidade básica de um curso no Interact. É uma ferramenta de interação ou uma área de conteúdo disponibilizada para os alunos. É considerado uma abstração de um conceito do mundo real, como textos, notas, provas, calendário, etc. Um curso deve ser formado por um ou mais componentes, ligados entre si, e pode conter qualquer tipo de arquivo associado ao conteúdo, como vídeo, som, imagens, animações, etc., que deve estar disponibilizado no servidor que gerencia o Interact. O sistema é bastante flexível quando se trata da construção de um curso, por isso não há qualquer formato predefinido. O formato do curso e os tipos de componentes que serão disponibilizados para os alunos são de responsabilidade do professor. Os componentes podem ser adicionados e organizados da forma que o professor julgar mais conveniente para o seu curso ou disciplina. A figura 1 apresenta a interface com os componentes disponibilizados pelo sistema.

Interação	Conteúdo
☐ Fórum	☐ Pasta
☐ Grupo	☐ Arquivo
☐ Caixa de Entrada	☐ Link
☐ Compartilhamento	☐ Anotações
☐ Chat	☐ Página
☐ Diário/Blog	☐ Calendário
☐ Livro de Classe	☐ Base de Conhecimento
☐ Quiz/Provas	☐ Quadro de Avisos
☐ Laboratório Remoto	☐ Pacote IMS/SCORM
	☐ Título/Espaço
	☐ Novo Site
Usar existente Componentes	
☐ Link para um Componente	<input type="button" value="Enviar"/>
☐ Copiar um Componente	<input type="button" value="Cancelar"/>

Figura 1: Interact - Componentes

As ferramentas interativas disponíveis como *chat*, grupos e listas de discussão ajudam a amenizar os problemas causados pela distância. Assim o professor pode:

- Observar a frequência com que os alunos estão estudando o conteúdo do curso e dos módulos;
- Determinar o aproveitamento através de avaliações e de provas;
- Dividir a gerência da turma com outros professores ou colaboradores;
- Utilizar material desenvolvido por outros professores.

O Interact não especifica como o professor deve organizar o material de aprendizagem de seu curso. Isso representa uma vantagem deste sistema em relação aos demais, pois o professor ou responsável por um curso pode criar a sua própria estrutura e organização. O espaço de aprendizado pode ser definido da

forma mais adequada à proposta pedagógica escolhida pelo professor, pois o ambiente inicia-se a partir de uma estrutura vazia e pode ser construída através da seleção de componentes disponíveis. Não apenas o conteúdo de aprendizagem deve ser adequado, mas as ferramentas de apoio também são fundamentais para a interação entre os alunos e podem ter impacto direto no aprendizado e na qualidade de ensino. Desta forma, o professor tem a possibilidade de conduzir o seu curso da maneira que considerar mais adequada e também pode incluir e adaptar o curso durante o decorrer das aulas. Um exemplo de definição de curso pode ser visto na representação da figura 2.

Figura 2: Interact - Interface de Usuário

A escolha definitiva do Interact ocorreu em função das suas características de adaptabilidade e também pelo fato deste minimizar ou eliminar as limitações encontradas em outros sistemas, tais como o compartilhamento e a reutilização dos materiais de aprendizagem entre aplicações. Além disso, o sistema é um projeto de *software* livre que constitui um dos preceitos para este trabalho. Este ambiente foi

desenvolvido com a linguagem PHP e permite que sejam realizadas adaptações e modificações no seu código fonte.

Para alcançar um dos objetivos deste trabalho foi feita uma adaptação no sistema para adicionar mais um componente, chamado Laboratório Remoto. Foi criada uma interface para que, através do sistema, os usuários possam fazer aquisições de dados em instrumentos reais. A meta foi proporcionar não apenas uma interface para acessar recursos de instrumentos de medida, mas oferecer também uma estrutura de educação a distância e colaboração para possibilitar interação entre usuários.

4 WEB SERVICES

Web Services é uma tecnologia de *middleware* utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes. Com esta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aplicações já existentes e que sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes possam ser compatíveis. Os Web Services são componentes que permitem às aplicações enviar e receber dados em formato padrão, como o formato XML. Para que haja comunicação entre as aplicações, cada uma pode ter as suas próprias regras de negócio, pois elas serão traduzidas para uma linguagem universal, o XML, e as aplicações poderão trocar dados e informações (WEERAWARANA *et al.*, 2005).

O WC3 (W3C, W. G., 2004) define Web Services como: “Um Web Service é um sistema de *software* projetado para dar suporte a interoperabilidade da interação máquina a máquina através de uma rede. Tem uma interface descrita em um formato processável por máquina (especificamente WSDL). Outros sistemas interagem com o Web Service de uma maneira prescrita por sua descrição usando mensagens SOAP, normalmente transportadas usando HTTP com mensagens XML em conjunto com outros padrões baseados na Web.”

Segundo Chappell e Jewell (CHAPPELL e JEWELL, 2002), Web Service é uma parte da lógica de negócio, localizada em algum lugar na Internet, que está acessível através de protocolos padronizados baseados na Internet com HTTP e SMTP. Usar um Web Service pode ser tão simples quanto fazer login em um site ou tão complexo quanto facilitar a negociação de uma empresa multi-organizacional.

4.1 Arquitetura Básica de um Web Service

A arquitetura típica de um Web Service (figura 3) consiste da interação entre três entidades (ROY e RAMANUJAN, 2001):

- Provedor de Serviços (*service provider*): cria Web Services e os publica no registro de serviços. Esta entidade representa a plataforma que hospeda o Web Service, permitindo que os usuários acessem o serviço;
- Registro de Serviços (*service broker*): mantém o registro dos serviços publicados; funciona como um catálogo geral de serviços disponíveis;
- Cliente de Serviços (*service requester*): encontra serviços através de buscas no registro de serviços (*service broker*). O cliente conecta a sua aplicação ao provedor de serviços para utilizar um serviço. O cliente pode ser um usuário acessando através de um navegador web ou uma aplicação invocando os métodos descritos na interface do Web Service.

Figura 3: Arquitetura de Web Services (KARL GOTTSCHALK, 2002)

4.2 Tecnologias

A construção de Web Services é baseada, principalmente, nas tecnologias XML e SOAP. Além disso, as tecnologias WSDL e UDDI estão envolvidas com a arquitetura básica de Web Services. Nesta seção são descritas estas tecnologias.

4.2.1 XML

O XML (*eXtensible Markup Language*) é um formato para descrição de dados derivados do padrão SGML (*Standard Generalized Markup Language*). Esta é uma linguagem para formatação universal de dados ou documentos estruturados na Internet. O conteúdo de um arquivo XML pode ser composto de palavras, de figuras, etc., e ainda pode conter indicações sobre o conteúdo e o significado das informações (NAEDELE, 2003).

Segundo o W3C Consortium (W3C, 2004) os objetivos previstos para o XML são os seguintes:

- Deve ser totalmente aplicável à Internet;
- Deve suportar uma grande variedade de linguagens;
- Deve ser compatível com SGML;
- Deve ser fácil de escrever programas que processam documentos XML;
- O número de recursos adicionais deve ser absolutamente mínimo, idealmente zero;
- Os documentos XML devem ser legíveis por pessoas e razoavelmente claros;
- O projeto de XML deve ser preparado rapidamente. Além disso, deve ser formal e conciso;
- Documentos XML devem ser fáceis de serem criados.

A sintaxe dos documentos XML é semelhante à linguagem HTML, delimitados por *tags* de abertura e fechamento. Abaixo é possível observar um exemplo de texto com seu correspondente em XML, nas figuras 4 e 5:

```
Experimento
Resistor
HP4156
0.01
0
1
1
```

Figura 4: Texto Limpo sem XML

```
<?XML version="1.0"?>
<Experimento>
  <entrada>
    <tipo>Resistor</tipo>
    <instrumento>HP4156</instrumento>
    <configuração>
      <intervalo>0.01</intervalo>
      <inicial>0</inicial>
      <final>1</final>
      <compliance>1</compliance>
    </configuração>
  </entrada>
</Experimento>
```

Figura 5: Texto codificado em XML

O XML é muito importante para os Web Services, pois é responsável pela resolução do problema de interoperabilidade entre sistemas. Com o XML é possível que cada vértice da comunicação tenha a sua própria linguagem, mas a comunicação e a descrição dos intervenientes sejam efetuadas em uma linguagem universal que poderá ser compreendida por qualquer sistema.

4.2.2 SOAP

SOAP (*Simple Object Access Protocol*) é um protocolo de comunicação leve usado para troca de informações em ambientes distribuídos. Ele utiliza XML para

definir uma estrutura de mensagem extensível e para oferecer uma maneira de criar mensagens que podem ser trocadas através de vários protocolos. Esta estrutura foi definida para ser independente de qualquer linguagem de programação ou de semântica de implementação (W3C, 2003). O SOAP está rapidamente se tornando um padrão de fato para transmitir mensagens XML (ROY e RAMANUJAN, 2001).

O protocolo é uma série de convenções para definir o formato da mensagem e as regras para o seu processamento. Uma mensagem SOAP é composta de três elementos:

- Envelope: componente externo da mensagem que inclui o elemento raiz do documento XML e também pode conter declarações e atributos. Indica o início e o fim da mensagem, desta forma o receptor sabe quando a mensagem foi recebida por completo;
- Cabeçalho: opcional, com as informações sobre os destinatários e o caminho. É o principal mecanismo pelo qual o SOAP inclui recursos e funcionalidades, como segurança e qualidade de serviço;
- Corpo: contém os dados que serão transportados pela mensagem e deverão ser usados pela aplicação receptora.

Estes componentes são representados na figura 6:

Figura 6: Envelope, cabeçalho e corpo da mensagem SOAP (NEWCOMER, 2002)

Exemplos de mensagens SOAP

Nas figuras 7 e 8 são representadas duas mensagens SOAP. A primeira faz a solicitação da temperatura atual na cidade de São Paulo e a segunda mensagem é a resposta do servidor com o dado solicitado.

```
POST /temp HTTP/1.1
Host: www.temperatureserver.com
Content-Type: text/xml; charset="utf-8"
Content-Length: xxx
SOAPAction: "http://www.temperatureserver.com/temp"

<SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAP-
ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
  SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
  <SOAP-ENV:Body>
    <m:GetCurrentTemp xmlns:m="http://www.temperatureserver.com/temp.xsd">
      <TempRequest><city>São Paulo</city></TempRequest>
    </m:GetCurrentTemp>
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Figura 7: Mensagem SOAP de solicitação (ROY e RAMANUJAN, 2001)

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset="utf-8"
Content-Length: xxx

<SOAP-ENV:Envelope
xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
  <SOAP-ENV:Body>
    <m:GetCurrentTempOutput
xmlns:m="http://www.temperatureserver.com/temp.xsd">
      <Temperature><temp>20</temp></Temperature>
    </m:GetCurrentTempOutput>
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Figura 8: Mensagem SOAP de resposta (ROY e RAMANUJAN, 2001)

4.2.3 WSDL

A Linguagem de Descrição de Web Services (WSDL - *Web Services Description Language*) descreve a interface pública dos Web Services. A linguagem XML serve de base para descrever como será a comunicação usando Web Services. A descrição inclui detalhes como definição dos tipos de dados, operações suportadas pelo serviço, formato das mensagens de entrada e saída, endereço de rede, etc. (ROY e RAMANUJAN, 2001).

A Linguagem é como um vocabulário para descrever Web Services. Permite que o desenvolvedor forneça as informações importantes do serviço para que os usuários possam acessar e usar.

4.2.4 UDDI

Após o serviço ser descrito de forma completa e padronizada, já é possível publicá-lo, permitindo sua localização de forma transparente. Isso pode ser feito de diversas maneiras, desde que o provedor do serviço faça com que o documento WSDL esteja disponível a quem deseja utilizá-lo.

O padrão adotado pela arquitetura de Web Services para a publicação de serviços é o **UDDI** (*Universal Description, Discovery and Integration*), e para isso é necessário registrar sua interface WSDL e uma URL (*Uniform Resource Locator*) que possibilite o acesso ao Web Service. Portanto, o UDDI é um repositório de descrições de serviços utilizado por provedores de serviços para publicarem seus Web Services. O UDDI permite que os Web Services possam ser publicados e localizados de um modo eficiente, padronizado e transparente tanto pela Internet quanto em uma rede privada, que é menor e possui acesso controlado.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente, na área de tecnologia da informação, existe um grande número de tecnologias e possibilidades para integração e para comunicação entre sistemas e estes permitem que soluções diversas possam ser propostas. Neste capítulo serão apresentados os materiais e recursos utilizados neste trabalho e também a descrição da metodologia utilizada para a construção do sistema remoto de aquisição de dados, baseados na arquitetura proposta.

5.1 Recursos de hardware

Foram usados e selecionados alguns recursos de *hardware* que são necessários para a criação da estrutura proposta e também para a realização de alguns ensaios experimentais. Como o objetivo principal do trabalho foi a criação do *software* de comunicação, foi usada apenas uma estrutura básica para que fosse possível realizar aquisição de dados em um instrumento utilizado na engenharia.

O *hardware* usado neste trabalho inclui um microcomputador do Laboratório de Microeletrônica da USP. Esta máquina é utilizada como servidor do sistema de aquisição de dados. Neste computador há também uma placa GPIB modelo PCI-GPIB, da *National Instruments*, que foi usada como interface de comunicação com o instrumento. Foi incluído também um analisador de parâmetros de semicondutor HP 4156 para a realização de ensaios experimentais, onde algumas de suas funcionalidades foram estendidas para uso remoto.

5.1.1 O Analisador de Parâmetros HP4156A

Um analisador de Parâmetros é usado para caracterizar dispositivos de semicondutores, onde podem ser realizadas medidas para observar as curvas de I-V de dispositivos com dois terminais, de transistores Mosfet (V_{gs} - V_{ds} - I_{ds}), FET, TBJ, etc (_____, 1995b). Este instrumento é muito usado na área de microeletrônica por ser muito flexível, principalmente, porque oferece muitas funcionalidades e recursos complexos que são disponibilizados pelo próprio instrumento. São funções importantes do analisador:

- Armazenar controles e seqüências que caracterizam as medidas;
- Realizar cálculos aritméticos;
- Permitir o armazenamento e a extração de parâmetros de medidas;
- Exibir resultados de forma gráfica na tela do instrumento.

O HP4156A (figura 9) contém quatro SMU (*Source Monitor Units*). Cada SMU pode ser programado para ser uma fonte de tensão, uma fonte de corrente ou um terra - GND - (figura 10) especificado no campo MODE (V, I, COM) no Painel de Definição (*Channel Definition*) como mostrado na figura 11 (_____, 1995a).

Figura 9: Analisador de Parâmetros de Semicondutores HP4156

Figura 10: Diagrama do Circuito SMU Simplificado (_____, 1995a)

SKP 3

[hp] *** CHANNEL DEFINITION ***

CHAN	NAME		SOURCE	
	V	I	MODE	FCTN
SMU1	V1	I1	COM	CONST
SMU2	V2	I2	I	VAR2
SMU3	V3	I3	V	VAR1
SMU4	V4	I4	V	CONST
V ₁	VS1	----	V	CONST
V ₂	VS2	----	V	CONST
V _m 1	VM1	----	----	----
V _m 2	VM2	----	----	----

USER FCTN

NAME (UNIT) =	EXPRESSION
1	< > =
2	< > =

DESEL

VCE-IC

VCE-ID

VCE-VE

DESIGN

DEL

Figura 11: Painel de Definição do HP4156A

Quando um SMU é programado como uma fonte de corrente, automaticamente este SMU irá monitorar a tensão e quando um SMU é programado como uma fonte de tensão, automaticamente irá monitorar a corrente (vide figura 10).

A voltagem de saída ou a corrente de saída podem ser constantes ou podem variar especificando VAR1 ou VAR2 no campo FUNC do painel de definição (figura 12). Os valores da voltagem e da corrente de saída, o tipo de varredura (linear ou logarítmica), os valores iniciais, os finais, a variação e a máxima corrente ou tensão (conhecido como *Compliance*) são especificados em *Source Setup*.

SKIP0

[hp] ***** SOURCE SET UP *****

	VAR1	VAR2	
NAME	V3	I2	LINEAR
SWEEP MODE	LINEAR	LINEAR	
START	.0000V	20.00uA	LOG10
STOP	1.0000V	-----	
STEP	.0100V	20.00uA	LOG25
NO. OF STEP	101	5	
COMPLIANCE	100.0mA	2.0000V	LOG50

CONSTANT	SOURCE	COMPLIANCE	
V1	COM	.0000V	100.0mA
V4	V	.0000V	100.0mA
VS1	V	.0000V	-----
VS2	V	.0000V	-----

Figura 12: Painel de Definição da Fonte

No Painel de Definição (*Channel Definition Panel*) do 4156A os painéis VAR1, VAR2 e o painel Gráfico devem ser preenchidos antes de iniciar as medidas. Após as medidas terem sido tomadas, os dados enviados pelo Analisador de Parâmetros, serão enviados para o Painel Lista e o gráfico será desenhado.

Painel de Definição do Canal

Através do painel de definição do Canal (*Channel Definition*) o usuário configura os canais do analisador de parâmetros de semicondutores (HP4156A) onde estão conectados os dispositivos. Existem várias entradas neste painel que são descritas a seguir.

VName e Iname

Para tornar uma unidade ativa é necessário fornecer um VName e um IName. O VName é o nome da variável da voltagem da Unidade (*Unit*) e o IName é o nome da variável da corrente da Unidade (*Unit*). VName e IName devem ter menos de 7 caracteres e serem alfanuméricos, exemplo I1, Vbc1 etc.

Mode

A opção *Mode* seleciona como a Unidade (*Unit*) irá medir. Para o SMU, se o usuário selecionar como V, então a unidade irá agir como uma fonte de tensão e um monitor de corrente. Se o modo I for selecionado, o SMU funcionará como uma fonte de corrente e um monitor de tensão. No modo COMM, irá definir a unidade como terra.

Function

Funções se referem ao tempo de evolução do SMU's e VSU's. Elas podem ser CONS, VAR1, VAR2. A função CONS considera como unidade um valor constante. A função VAR1 define a unidade como a primeira variável para ser varrida, e VAR2 em um canal MOSFET.

Constante

Se a função for uma unidade que está selecionada para ser CONS (constante), então o usuário deverá selecionar um valor que a unidade irá assumir. Por exemplo, deseja-se que um terminal tenha o valor constante de 1,5 V. Para isso deve-se definir o campo *Mode* em V, *function* em CONS e então adicionar o valor 1,5 no campo *Value*.

Compliance

Compliance (Compl.) se refere à máxima quantidade de corrente ou voltagem que esta unidade será capaz de suportar. Por exemplo, se os valores de *Compliance* estão definidos para serem 10 m (V ou A), isto significa que o terminal poderá deixar passar até no máximo 10 mA, o que permite ao usuário proteger dispositivos que estão sendo utilizados. O HP 4156A foi construído para ter um valor de *Compliance* entre 100 mA e 100 V.

VAR1 e VAR2

Os Painéis VAR1 e VAR2 (*Variable Setup Panel*) permitem ao usuário configurar como VAR1 e VAR2 se comportarão. Abaixo há uma lista de campos, os quais devem ser utilizados da seguinte maneira:

- Escala: este campo permite ao usuário selecionar como a unidade será varrida. VAR2 pode ser apenas linear, enquanto VAR1 pode ser linear, Log10, Log25, ou Log50;
- Iniciar: este campo controla o valor de início da varredura;
- Parar: este campo controla o valor final da varredura;
- Variação: este campo controla quanto o valor deve ser alterado a cada passo.

Gráfico

O analisador de parâmetros de semicondutores coletará os dados das variáveis selecionadas pelo usuário no painel. Devem-se selecionar as variáveis que se deseja visualizar na forma de gráfico.

- *Name*: nome da variável que será exibido no eixo x/y do gráfico;
- *Maximum*: este é o máximo valor da escala para um eixo particular;
- *Minimum*: este é o mínimo valor da escala para um eixo particular;
- *Mode*: pode-se escolher linear ou log.

Depois de preenchidos os parâmetros, o experimento poderá ser executado. A medida dos dados é mostrada em uma forma gráfica e também em forma de lista no painel lista. Para melhor visualização dos resultados pode-se ajustar a escala manualmente com outras propriedades do gráfico.

5.2 Recursos de Software

Outro dos principais objetivos deste trabalho foi o de encontrar uma solução para controle e aquisição de dados com *software* livre. Sendo assim, todos os recursos de *software* usados na elaboração deste trabalho são resultados de projetos *free* ou *open source*.

O GNU Linux é um sistema operacional gráfico, multitarefa, multiusuário, desenvolvido em um projeto *open source*. O GNU Linux é distribuído livremente sem a necessidade de pagamento de licença de uso. Por este motivo e também, devido a suas características de robustez e de adaptabilidade, o GNU Linux está sendo muito utilizado no meio acadêmico para o desenvolvimento de pesquisas. O *kernel* do sistema é disponibilizado por diversas empresas ou organizações junto a pacotes de *softwares* que são chamados de distribuições (TANENBAUM, 2001), formando assim o que se chama de GNU Linux. Para este trabalho foi utilizada a distribuição Ubuntu 6.06 (baseada no Debian), por ser uma versão considerada estável que somente é disponibilizada após ser amplamente testada (NEGUS, 2006). Juntamente com o sistema operacional foi incluído o Apache, que é o servidor Web mais utilizado atualmente e considerado um dos mais seguros (_____, 2002). Oferece suporte a HTTP, PHP e Java (GERNER *et al.*, 2005) e foi utilizado no desenvolvimento do projeto.

O Interact, como descrito detalhadamente acima, oferece muitos recursos para o desenvolvimento de cursos on-line. O Interact tem o código aberto, foi escrito na linguagem PHP com banco de dados MySQL (_____, 2006) e é o ambiente onde o laboratório remoto foi integrado.

PHP é uma linguagem de *script open source* direcionada ao desenvolvimento de aplicações Web, onde o maior foco são as aplicações

servidoras. O código PHP fica embutido no HTML, com isso é possível: coletar dados de formulários, gerar páginas com conteúdo dinâmico ou enviar e receber *cookies*. Os códigos são interpretados em um servidor Web e são geradas páginas HTML ou outra saída que o visitante visualizará (WELLING e THOMSON, 2004). O PHP pode ser utilizado em quase todos os sistemas operacionais e é suportado pela maioria dos servidores Web atuais. A característica principal, e mais forte, da linguagem é o suporte a uma grande variedade de bancos de dados (ACHOUR *et al.*, 2005). O PHP foi utilizado para gerar e integrar o componente laboratório remoto ao Interact.

O NuSOAP é um conjunto de classes do PHP que permite que mensagens SOAP sejam enviadas e recebidas através do protocolo HTTP. O NuSOAP não é apenas uma extensão do PHP, foi escrito em PHP puro. É um projeto de *software* livre, distribuído pela *NuSphere Corporation* sob uma licença GNU LGPL (SARANG *et al.*, 2002). O NuSOAP permite que sejam desenvolvidas soluções com a tecnologia de Web Services. Foi utilizado neste projeto para criação da estrutura de comunicação entre o sistema de aquisição e o ambiente de educação a distância.

Python é uma linguagem de alto nível, interpretada e de fácil programação. Muito usada no ambiente Linux é uma linguagem dinâmica e de propósitos diversos. Dentre as suas características mais relevantes, destacam-se a portabilidade, pois o *software* criado pode ser executado em diferentes arquiteturas de hardware; e também a integração, pois é uma linguagem que tem interface simples com as principais linguagens, como PHP, C e Java. Python foi usado neste trabalho para criar a biblioteca de funções para acesso a instrumentos GPIB (LUTZ, 2006).

Finalmente, o recurso de *software* fundamental para este trabalho é o driver Linux-GPIB. Ele faz parte de um projeto de *software* livre, onde foi desenvolvido um

pacote que disponibiliza suporte à comunicação hardware GPIB, módulos de driver para o kernel do Linux e inclui também uma biblioteca de acesso em C. Baseado nisso, foi definida toda a estrutura de comunicação entre o instrumento e sua interface de acesso.

5.3 Metodologia Adotada

A criação do sistema de acesso a instrumentos, pela Internet, utiliza uma arquitetura de sistemas distribuídos usando a tecnologia de Web Services. Um sistema de aquisição local comunica-se com o instrumento, recebendo os parâmetros originados do cliente para o experimento e executando a medida. As funções desenvolvidas em linguagem Python são responsáveis por esta comunicação entre o computador ao transferir e receber dados do instrumento de medida.

Na comunicação entre o cliente e o servidor é necessário haver um protocolo de comunicação de rede e também um protocolo para troca de mensagens. A tecnologia de Web Services pode utilizar protocolos diferentes e variados. No ambiente deste trabalho foi usado o protocolo SOAP para troca de mensagens através de *HTTP* e transmissão de mensagens com o *TCP* por se tratar de um padrão aberto e consolidado. O *HTTP* é um protocolo que não tem restrição em *firewalls* e o *TCP* oferece a garantia de entrega dos pacotes. A escolha destes protocolos deve-se ao fato de representarem a situação mais comum para os sistemas atuais e também pode-se manter compatibilidade com um número maior de sistemas.

Para o controle do experimento, foram criados instrumentos virtuais (*VI – virtual instruments*), usando a linguagem Python, para acessar os comandos GPIB.

Baseados na arquitetura cliente/servidor o VI de controle denominado servidor do experimento é o responsável pela comunicação com os instrumentos envolvidos, enviando e recebendo dados para medidas. Também é responsável por controlar o acesso ao recurso, bloqueando o acesso até o fim da execução do experimento. São aceitas requisições simultâneas, porém há uma fila para processar cada uma seqüencialmente.

A escolha das linguagens de programação Python e PHP se deveu ao fato de ambas serem inteiramente compatíveis com o sistema operacional Linux e o sistema de gerenciamento de cursos à distância, facilitando a programação e atendendo ao requisito de menor tempo de desenvolvimento.

A tecnologia de Web Services permite interoperabilidade entre sistemas distintos através da criação de serviços que podem ser oferecidos por meio de um servidor. Neste trabalho foram criados serviços que permitem acesso a experimentos em instrumentos por aplicações clientes. O servidor local de aquisição de dados oferece serviços para realização de experimentos com instrumentos conectados ao barramento GPIB, enquanto o cliente destes serviços é a aplicação remota desenvolvida no ambiente de educação a distância. Assim, os usuários serão capazes de fazer experimentos remotos através de uma arquitetura de sistemas distribuídos com a tecnologia de Web Services.

Um servidor de Internet faz parte da estrutura fundamental, pois torna disponível o *software* aplicativo em questão para todos os usuários do sistema através de páginas criadas em *HTML*, e a interface com o cliente que foi desenvolvida em *PHP*. O protocolo de comunicação padrão da Internet é o *TCP/IP*, que foi utilizado como protocolo de comunicação do sistema desenvolvido. O

servidor de Internet usado é o Apache, por sua popularidade e segurança. Além disso, é um *software* livre que se enquadra totalmente aos objetivos definidos.

A estrutura do sistema é ilustrada na Figura 13, onde é possível identificar os módulos envolvidos, ou seja, o instrumento conectado a uma experiência, o servidor e o cliente juntamente com as tecnologias e os elementos de *software* usados para estabelecimento da comunicação pela Internet.

Figura 13: Estrutura do projeto, tecnologias e elementos de *software*

5.4 Desenvolvimento da Metodologia

A primeira etapa para o desenvolvimento deste trabalho foi criar uma estrutura para realização das medidas em laboratório. Para isso, foi utilizado um computador do Laboratório de Microeletrônica da USP como servidor e na primeira etapa foi instalado a distribuição Linux Ubuntu e configurado o servidor Apache. Foi necessária, ainda, a configuração do driver Linux-GPIB no sistema operacional para fazer interface com os instrumentos.

A etapa seguinte foi o desenvolvimento das funções para controlar o analisador de parâmetros de semicondutores HP4156. Foi utilizada a biblioteca de acesso do driver GPIB para criar um conjunto de funções para enviar parâmetros de medidas ao analisador. As funções geradas formam uma biblioteca para criação de interface para realizar experimentos com o instrumento e, também, compartilhar os dados através da Internet, criando assim uma interface virtual para o instrumento.

A terceira etapa do trabalho refere-se ao desenvolvimento da parte remota. Nesta fase foi desenvolvida a interface gráfica para disponibilizar o Laboratório Remoto ao usuário. A interface e os códigos para comunicação com o analisador de parâmetros foram desenvolvidos com a linguagem Python.

O desenvolvimento do componente Laboratório Remoto, para ser integrado ao Interact, foi a quarta etapa do projeto. A interface gráfica gerada na etapa anterior foi incluída no ambiente de educação a distância onde foi disponibilizada como um novo componente no sistema. Nesta etapa o código gerado foi incorporado ao Interact.

A última fase do projeto foi a integração do componente Laboratório Remoto do Interact com o sistema local de instrumentos virtuais, de tal forma que através deste ambiente de educação a distância fosse possível realizar experimentos remotos em um analisador de parâmetros HP4156, disponível fisicamente no Laboratório de Microeletrônica da USP. Esta fase inclui também a geração de Web Services para comunicação entre o sistema de aquisição e o sistema de interface com usuários.

A figura 14 representa, em uma abstração de alto nível, os elementos de software que foram desenvolvidos neste trabalho durante as diferentes fases. São representados também os possíveis caminhos de trocas de dados.

Figura 14: Elementos do sistema em desenvolvimento

5.5 Arquitetura do Sistema

Foi desenvolvido um ambiente para aquisição de dados de forma remota. O sistema inclui uma interface com o usuário em uma plataforma de educação a distância. O *hardware* local usado neste laboratório remoto é composto de um micro computador com uma placa de interface GPIB, para comunicação com um instrumento de aquisição de dados. O sistema operacional Linux foi definido como plataforma básica juntamente com o servidor Apache e suporte a PHP e a Web Services. A comunicação local com o instrumento é realizada através de um driver, que foi desenvolvido e compilado no sistema operacional. Este driver fornece todo o suporte necessário para a criação de instrumentos virtuais e desta forma um computador poderá enviar e receber dados através da interface GPIB. Um módulo novo foi desenvolvido para um ambiente de educação a distância para que o instrumento possa ser disponibilizado também na forma de curso on-line. A comunicação entre o ambiente de educação a distância e o servidor de aquisição de dados é realizada através da tecnologia de Web Services. A arquitetura genérica do sistema é representada na figura 15.

Figura 15: Arquitetura do Projeto

6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados do trabalho e também os ensaios experimentais que foram realizados no ambiente desenvolvido.

A parte fundamental do trabalho foi a criação da estrutura para o sistema de aquisição de dados. Foi estabelecida uma plataforma com o sistema operacional Linux, servidor Apache, interpretador PHP, NuSOAP e *driver* para comunicação com a interface GPIB. Para a arquitetura do sistema esta estrutura é considerada o elemento de aquisição de dados local. Portanto este servidor é responsável por fazer a interface com os dispositivos conectados a ele e também por oferecer serviços de acesso aos recursos destes dispositivos para outros sistemas, pela Internet, através da tecnologia de Web Services.

Um dos objetivos foi criar a possibilidade de realização de tarefas de controle e de aquisição de dados em dispositivos através de uma interface GPIB em uma plataforma Linux. Para isso foi usado o *driver* genérico Linux-GPIB. Ele oferece uma interface de acesso para a linguagem Python, onde é possível enviar instruções para realização de experimentos e para leitura de dados em instrumentos através de comandos GPIB. Considerando que os ensaios experimentais foram realizados com um Analisador de Parâmetros de Semicondutor HP4156, foi criado um instrumento virtual para este dispositivo, utilizando os comandos GPIB. O instrumento virtual permite que sejam realizadas as seguintes funções: iniciar instrumento, liberar canais, reiniciar canais, habilitar canais (SMU e VSU), realizar experimento e obter resultados. Desta forma, o servidor pode enviar e receber dados do dispositivo. Assim, a partir desta etapa é possível estabelecer uma

comunicação entre o sistema de aquisição local e o instrumento conectado ao barramento GPIB.

Esta estrutura de aquisição permite o desenvolvimento de códigos genéricos referentes ao controle de instrumentos através de interface GPIB, utilizando como base os comandos para troca de informações através do protocolo de comunicação. Desta maneira foi possível criar códigos que poderão ser usados para manipulação de outros instrumentos que se queira conectar ao barramento, utilizando a mesma interface. É possível, portanto, criar uma estrutura maior para o laboratório remoto, incluindo outros instrumentos conectados em série no barramento, para oferecer experimentos mais complexos. A partir disto, um dos objetivos pôde ser alcançado, a criação de um ambiente adaptável e modular. A figura 16 representa a estrutura de aquisição criada.

Figura 16: Esquema da Estrutura de Aquisição

Foi criada também a estrutura de educação a distância. O sistema de gerenciamento de educação a distância Interact foi instalado em um servidor do grupo SIM. A versão do sistema instalada foi a 2.2, sendo esta a mais atual

disponível durante o desenvolvimento. Além disso, foi realizada a tradução do sistema, visto que não havia nenhum pacote de linguagem para o português. O processo de tradução foi realizado para todo o sistema, tanto para a interface com os usuários quanto para a administração do sistema. Foi desenvolvido ainda um novo componente para o sistema receber a interface de atuação entre o usuário e o sistema de aquisição de dados. Para isso, foram criadas as tabelas na base de dados necessárias para armazenamento dos dados do componente, referências no sistema para que fosse reconhecido e pudesse ser manipulado (incluído e excluído nos cursos), além disso foi criada a interface de usuário. Este componente foi desenvolvido com a linguagem PHP e está totalmente integrado e funcional ao sistema. Desta forma poderá ser usado em conjunto com as demais funcionalidades e recursos disponíveis no Interact. A figura 17 representa a estrutura de EAD criada.

Figura 17: Esquema da Estrutura de EAD

Para a interface com o usuário foram desenvolvidas as telas para realizar experimentos, que foram incorporadas ao componente criado no ambiente de educação a distância. Esta interface foi modelada de maneira que os usuários

possam definir os parâmetros necessários para a realização de seus experimentos. A interface é composta de uma página para seleção do experimento a ser realizado, pelas páginas de definição de parâmetros das medidas e, finalmente pela página de resultados que pode ser visualizada em gráfico ou arquivo de texto.

6.1 Caracterização e Ensaios Experimentais

Foram definidos dois experimentos para a estrutura de aquisição criada. Esta seção descreve as características das medidas e os resultados obtidos.

O primeiro experimento teve como objetivo levantar curvas características (corrente e tensão) de resistores. Aplica-se uma diferença de potencial (tensão) V , sobre um condutor de resistência R , uma corrente elétrica I circulará sobre este condutor, sendo o valor da resistência dado pela equação, $R=V/I$, onde V é medida em volts (V), I é medida em ampéres (A) e R em ohms (Ω). Esta equação é uma definição geral de resistência e pode ser utilizada para qualquer tipo de resistor. Para traçar a curva característica de um resistor, é necessário medir a intensidade de corrente que o percorre e a tensão aplicada aos seus terminais. Para isso foi montado um circuito que consiste de uma fonte variável (do instrumento), alimentando o resistor. Para cada valor de tensão tem-se o respectivo valor de corrente, que colocados em uma tabela possibilitam traçar a curva.

Neste experimento foi utilizado um resistor de 1Ω onde são definidos parâmetros para medidas de corrente e tensão. O componente foi conectado na SMU1 do analisador de parâmetros. O experimento é realizado a partir da página de configuração da medida, representado pela figura 18. Foram definidos os seguintes parâmetros para este experimento:

- Valor inicial: 0 A

- Valor final: 1 mA
- Intervalo de variação: 10 μ A
- Compliance (tensão máxima): 1 V

Medidas - Resistor

Configuração do Experimento

Intervalo de variação:	10	μ A
Valor Inicial:	0	A
Valor Final:	1	mA
Compliance:	1	V

Figura 18: Página de definição da medida em um Resistor

O sistema de aquisição recebe os parâmetros para a medida e retorna os resultados que são exibidos na forma de gráfico e também disponibiliza os resultados no formato de texto (tabela) para download. A figura 19 representa a curva característica de um resistor, conforme requisitado para este experimento.

Figura 19: Gráfico com os pontos da curva característica de um resistor

O segundo experimento tem o objetivo de traçar a curva característica de um diodo. Esta curva, calculada pela fórmula $I = f(V)$, mostra que em polarização direta só haverá condução de corrente depois de vencida a barreira de potencial. A partir daí a corrente aumenta de valor, enquanto a tensão permanece praticamente constante. Em polarização reversa, a corrente é praticamente nula até atingir um determinado valor de tensão. A partir deste valor inicia-se um processo que aumenta a corrente reversa até um valor limite, permanecendo a tensão praticamente constante.

Neste segundo experimento foi utilizado um diodo do tipo 1N 4007. O componente foi conectado na SMU1 do analisador de parâmetros. O experimento é realizado a partir de sua página de configuração da medida, representado pela figura 20. Foram definidos os seguintes parâmetros para este experimento:

- Valor inicial: 0 V
- Valor final: 1 V
- Intervalo de variação: 10 mV
- Compliance (corrente máxima): 100 mA

Medidas - Diodo

Configuração do Experimento

Intervalo de variação:	10	mV
Valor Inicial:	0	V
Valor Final:	1	V
Compliance:	100	mA

Figura 20: Página de definição da medida

A medida é disparada a partir da página de configuração do experimento. A figura 21 representa a curva característica do componente, conforme requisitado para este experimento.

Figura 21: Gráfico com os pontos da curva característica de um diodo

7 DISCUSSÃO

Este trabalho oferece uma nova abordagem para a instrumentação remota, onde foram utilizadas tecnologias para integração de sistemas baseados em Web Services e também uma solução com ferramentas e tecnologias de *software* livre. É uma abordagem diferente das soluções tradicionais encontradas, que geralmente usam plataformas de desenvolvimento proprietárias, como o *LabVIEW*[®] da *National Instruments*[®].

Um dos grandes problemas atuais no desenvolvimento de sistemas para Internet é a integração. Muitas aplicações podem utilizar diferentes linguagens, plataformas e tecnologias. Com o uso de Web Services estes problemas são facilmente resolvidos. No modelo de Web Services, cada sistema atua como um componente independente na arquitetura de integração. Todas as interfaces, transformações de dados e comunicações entre componentes são baseadas em padrões abertos e vastamente adotadas, independentes de fornecedores e de plataformas. As vantagens de se utilizar essa abordagem são:

- **Simplicidade:** é mais simples de se desenvolver do que as soluções tradicionais baseadas, por exemplo, em CORBA ou DCOM;
- **Padrões abertos:** utiliza padrões abertos como HTTP, SOAP, ao invés de tecnologias proprietárias;
- **Flexibilidade:** alterações nos componentes são muito mais simples para o sistema como um todo do que alterações nos adaptadores tradicionais;
- **Custo:** as soluções tradicionais são muito mais caras;
- **Escopo:** cada sistema pode ser tratado de maneira individual, já que para isso basta apenas que seja desenvolvido como um componente. Na

abordagem tradicional, todos os sistemas devem ser tratados ao mesmo tempo, já que farão parte da mesma solução de integração.

Web Services se apresentou como a melhor opção para este projeto, permitindo que fosse criada uma arquitetura de integração entre um sistema de aquisição de dados e um ambiente de educação a distância. Outro ponto importante é o fato de que, através de serviços de acesso a experimentos, outros sistemas externos podem utilizar o serviço para aplicações diversas. Além disso, foi possível preservar o objetivo de uma solução apenas com *software* livre, usando o NuSOAP como ferramenta para desenvolvimento nesta tecnologia.

Como já foi citado anteriormente, existem alguns sistemas de laboratório remoto encontrados na literatura. A aplicação mais significativa, ou talvez a mais próxima dos objetivos traçados para este trabalho é o Projeto WebLab do MIT - Massachusetts Institute of Technology (HARDISON *et al.*, 2005). O projeto WebLab representa um importante avanço para a instrumentação remota e está em uso desde 1999. É um sistema bastante robusto e funcional, constituindo-se em um laboratório remoto para aquisição de dados em um analisador de parâmetros de semicondutores HP 4155B. O sistema de aquisição oferece uma interface muito parecida com a interface do próprio analisador. Além disso, são disponibilizados vários experimentos conectados ao instrumento. Os usuários interagem com a interface virtual do instrumento para realizar seus experimentos. Os desenvolvedores disponibilizam os códigos fonte para a comunidade acadêmica e, por isso, é considerado um projeto de software livre. Porém, trata-se de uma solução que necessita de infra-estrutura de software proprietária. São requisitos para instalação do laboratório: o sistema operacional Windows, o servidor web IIS e a linguagem ASP. Todos são softwares de propriedade da Microsoft e exigem o

pagamento de licença de uso. Entretanto, recentemente o projeto está sendo migrado para uma arquitetura de Web Services, na tentativa de permitir que outros projetos sejam integrados a este sistema. Isto representa uma importante melhoria para a disseminação do projeto e também é uma forma de adequar-se às necessidades e tecnologias atuais.

Outra iniciativa nesta área é o projeto da Universidade de Sannio (CANFORA *et al.*, 2004). O trabalho descreve a criação e a implementação de uma estrutura de software para laboratório remoto. A arquitetura do sistema inclui a utilização da Linguagem Java para construção de interfaces de usuário, C++ para interface com os instrumentos e também a tecnologia CORBA como tecnologia de *middleware*. Os experimentos são disponibilizados para os usuários através de um servidor web na plataforma Windows. Este trabalho foi criado com objetivos educacionais para estudantes de cursos de medidas eletrônicas. Quando comparado com o trabalho descrito nesta dissertação apresenta uma arquitetura muito mais complexa, o que confere um grau maior de dificuldade para o desenvolvimento e a inclusão de novos experimentos e instrumentos. Além disso, este sistema inclui também tecnologias proprietárias na estrutura básica do sistema, representando custos adicionais.

O desenvolvimento desta dissertação foi fundamentado em vários aspectos do projeto do MIT. A característica mais significativa foi a criação de um sistema de aquisição similar ao WebLab, que incluísse soluções completamente baseadas em software livre. Este último aspecto representa uma das limitações do projeto do MIT.

Diferente das propostas do MIT e da Universidade de Sannio, a implementação realizada com Web Services oferece uma maior flexibilidade ao sistema desenvolvido e cria possibilidades de extensão a diversas aplicações que

não se restringem a educação a distância. A arquitetura do sistema baseado em software livre também é um diferencial importante, pois oferece uma significativa redução de custo com ferramentas de desenvolvimento e também com estrutura de software necessária para disponibilizar o sistema de aquisição.

Além disso, é importante que se tenha um suporte educacional adequado para o ensino através da Internet. O oferecimento de um ambiente com ferramentas de interação entre usuários ou alunos é fundamental para o sucesso de um projeto direcionado para este tipo de aplicação. Outra proposta diferenciada do trabalho aqui apresentado foi a criação de um ambiente de suporte para a interação entre alunos. Nenhuma das propostas de laboratório remoto citadas na literatura apresenta uma preocupação educacional fundamentada nos conceitos abordados no capítulo 3.

A aplicação da educação a distância em cursos de engenharia não tem o objetivo de substituir totalmente aulas presenciais ou de laboratório, mas sim representa apoio significativo na melhoria do ensino com a possibilidade de aplicação de diversos métodos de educação, entre eles a colaboração e a interação. Deste ponto de vista, o trabalho realizado proporciona também uma contribuição importante no sentido de atender as expectativas de melhorias necessárias ao ensino da engenharia.

8 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho apresentou resultados satisfatórios, demonstrando a viabilidade de desenvolvimento de uma infra-estrutura de instrumentação remota utilizando ferramentas de *software* livre, como por exemplo, PHP, NuSOAP e Linux, sem a necessidade de utilizar plataformas comerciais. O formato modular deste projeto permite que novas funcionalidades sejam agregadas, tais como inclusão de outros instrumentos ao sistema de aquisição e também outros tipos de experimentos.

A tendência para a utilização da arquitetura de sistemas distribuídos e do protocolo XML/SOAP em aplicações cliente-servidor com a finalidade de se obter uma total interoperabilidade por meio da Internet vem crescendo constantemente. Além disso, a Internet está sendo cada vez mais utilizada por sistemas de instrumentação e por laboratórios remotos em aplicações educacionais. A partir do desenvolvimento deste trabalho pôde-se observar que a utilização de soluções baseadas em *software* livre é possível e apresenta viabilidade em aplicações de instrumentação remota.

A principal contribuição da pesquisa foi a criação de uma estrutura para laboratórios remotos totalmente fundamentada em *software* livre. Este trabalho possibilita o desenvolvimento de diversas aplicações didáticas para disciplinas de engenharia que utilizem instrumentos de medidas.

Este trabalho apresenta a criação de um sistema base para instrumentação remota, mas tem inúmeras possibilidades de melhorias e incrementos que podem ser considerados para desenvolvimento de trabalhos futuros, podendo-se incluir:

- Desenvolvimento de novos experimentos para disciplinas ou cursos específicos que atendam a necessidade de implementação de teorias estudadas nas aulas;
- Desenvolvimento de hardware multiplexador para expandir o número de experimentos que possam ser oferecidos;
- Criação de experimentos que auxiliem o desenvolvimento de pesquisas na área de microeletrônica;
- Inclusão de outros instrumentos no sistema de aquisição que poderão atuar de forma complementar ou colaborativa;
- Aplicação prática do laboratório em uma disciplina como forma de estudar detalhadamente o funcionamento do sistema e também de avaliar as necessidades de melhorias, adaptações e dificuldades;
- Coleta e transmissão de imagens do experimento em execução, onde o aluno pode visualizar em tempo real o instrumento realizando a aquisição de dados;
- Análise da eficiência, ou problemas, no aprendizado dos alunos quando utilizado o sistema;
- Aplicações em áreas distintas, por exemplo, em sistemas de monitoramento remoto ou em aplicações que incluam sensores inteligentes.

9 REFERÊNCIAS

_____. **Semiconductor Parameter Analyzer-User's Dictionary Reference:** Hewlett-Packard Company. 1995a. 436 p.

_____. **Semiconductor Parameter Analyzer-User's Task Guide:** Hewlett-Packard Company. 1995b. 278 p.

_____. Guidelines for Securing Apache Web Servers. **Network Security**, v.2002, n.12, p.8. 2002.

_____. (2006). "Interact Learning Community Environment." Acessado em: 10/04/2006, 2006, Disponível em: <http://www.interactlms.org/>.

ACHOUR, M., F. BETZ, *et al.* (2005). "Manual do PHP." Acessado em: 10/04, 2006, Disponível em: http://www.php.net/manual/pt_BR/.

ALLEN, R. The Web: interactive and multimedia education. **Computer Networks and ISDN Systems**, v.30, n.16-18, p.1717. 1998.

ALTPETER, F., S. CH., *et al.* **A General Instrument for Real-Time Control and Data Acquisition.** 3rd IFAC/IFIP Workshop on Algorithms and Architecture for Real Time Control. Ostend, Belgica. Junho, 1995. 323-327 p.

ANDERSON, T. Getting the Mix Right Again: An updated and theoretical rationale for interaction. **The International Review of Research in Open and Distance Learning**, v.4, n.2, Outubro. 2003.

ARPAIA, P., A. BACCIGALUPI, *et al.* A measurement laboratory on geographic network for remote test experiments. **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on**, v.49, n.5, p.992. 2000.

BECK, T. **Current trends in the design of automotive electronic systems**, 2001. 38 p.

BENETAZZO, L., M. BERTOCCO, *et al.* A Web-based distributed virtual educational laboratory. **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on**, v.49, n.2, p.349. 2000.

BERNTZEN, R., J. O. STRANDMAN, *et al.* **Advanced Solutions for Performing Real Experiments over the Internet**. International Conference on Engineering Education. Oslo, Noruega, 2001. 21-26 p.

BERTOCCO, M., F. FERRARIS, *et al.* A client-server architecture for distributed measurement systems. **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on**, v.47, n.5, p.1143. 1998.

BILLE, F. e R. PUGLIESE. Using WWW technology in a control system. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, v.389, n.1-2, p.114. 1997.

BORGES, A. P. **Instrumentação Virtual Aplicada a um Laboratório com Acesso pela Internet**. (Dissertação de Mestrado). PSI, USP-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 128 p.

BORGES, A. P., R. O. FERNANDEZ, *et al.* **Laboratório Virtual**. 7º SIICUSP - Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 1999. p.

BOURAS, C., P. DESTOUNIS, *et al.* Efficient web-based open and distance learning services. **Telematics and Informatics**, v.17, n.3, p.213-237. 2000.

BROFFERIO, S. C. A university distance lesson system: experiments, services, and future developments. **Education, IEEE Transactions on**, v.41, n.1, p.17. 1998.

CANFORA, G., P. DAPONTE, *et al.* Remotely accessible laboratory for electronic measurement teaching. **Computer Standards & Interfaces**, v.26, n.6, p.489-499. 2004.

CHAPPELL, D. A. e T. JEWELL. **Java Web Services**: O'Reilly Media. 2002. 276 p.

CRISTALDI, L., A. FERRERO, *et al.* Programmable instruments, virtual instruments, and distributed measurement systems: what is really useful, innovative and technically sound? **Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE**, v.2, n.3, p.20. 1999.

DAM, N. V. **The E-Learning Fieldbook: Implementation Lessons and Case Studies from Companies that are Making e-Learning Work**: McGraw-Hill. 2004. 337 p.

FERNANDEZ, R. O., A. P. BORGES, *et al.* **Laboratório Virtual Aplicado à Educação a Distância**. SBIE2000 - XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2000. p.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Terra e Paz. 1978

GERNER, J., M. OWENS, *et al.* **Professional LAMP: Linux, Apache, MySQL and PHP Web Development**: Wrox. 2005. 379 p.

GOLDBERG, H. What is virtual instrumentation? **Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE**, v.3, n.4, p.10. 2000.

GONZÁLEZ, L. A. G. **Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica**. (Dissertação). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 137 p.

HARDISON, J., D. ZYCH, *et al.* The Microeletronics WEBLAB 6.0 – An Implementation Using Web Services and the ILab Shared Architecture. **Exploring Innovation in Education and Research**, Tainan, Taiwan, p.8. 2005.

HESSELINK, L., D. RIZAL, *et al.* Stanford cyberlab: Internet assisted laboratories. **International Journal of Distance Education Technologies**, v.1, n.1, p.22-39. 2003.

_____. Cyberlab, a new paradigm in Distance Learning. **Instrumentation Newsletter**. 1999.

HONG, S., X. ZHENG, *et al.* Conducting laboratory experiments over the Internet. **Education, IEEE Transactions on**, v.42, n.3, p.180. 1999.

"Interact White Paper."(2005). Acessado em: 15/04, 2006, Disponível em: <http://www.interactlms.org/viewfile.php/1/file/13/37/InteractWhitePaper.pdf>.

KARL GOTTSCHALK, S. G., HEATHER KREGER, JAMES SNELL. Introduction to Web Services Architecture. **IBM SYSTEMS JOURNAL**, v.41, n.2, p.170-177. 2002.

KATCHABAW, M. J., S. L. HOWARD, *et al.* **Making distributed applications manageable through instrumentation**, 1997. 84 p.

KIRSCHNER, P. A. e F. PAAS. Web-enhanced higher education: a tower of Babel. **Computers in Human Behavior**, v.17, n.4, p.347-353. 2001.

KRÄMER, B. J. Web-Based Learning Environments: Tools and Engineering Issues. **Handbook of Software Engineering & Knowledge Engineering – Fundamentals**, v.1, p.915. 2002.

LEE, K. B. e R. D. SCHNEEMAN. Internet-based distributed measurement and control applications. **Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE**, v.2, n.2, p.23. 1999.

LUTZ, M. **Programming Python**: O'Reilly Media. 2006. 1552 p.

MAGRABI, F., N. H. LOVELL, *et al.* A web-based approach for electrocardiogram monitoring in the home. **International Journal of Medical Informatics**, v.54, n.2, p.145. 1999.

MARINO, P., J. NOGUEIRA, *et al.* **Laboratory of virtual instrumentation for industrial electronics**, 2000. 249 p.

MASON, R. From distance education to online education. **The Internet and Higher Education**, v.3, n.1-2, p.63. 2000.

MOORE, M. G. Three Types of Interaction. **American Journal of Distance Education**, v.3, n.2, Fev. 1989.

NAEDELE, M. Standards for XML and Web services security. **Computer**, v.36, n.4, p.96-98. 2003.

NEDIC, Z., J. MACHOTKD, *et al.* **Remote Laboratories versus Virtual and Real Laboratories**. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Boulder, Colorado, USA: IEEE, 2003. T3E p.

NEGUS, C. **Linux Bible**: Wiley. 2006. 912 p.

NEWCOMER, E. **Understanding Web Services- XML, WSDL, SOAP and UDDI**. Boston: Addison-Wesley. 2002. 332 p. (Independent technology guides.)

OVERSTREET, J. W. e A. TZES. **Internet-based client/server virtual instrument designs for real-time remote-access control engineering laboratory**, 1999. 1472 p.

PASSERINI, K. e M. J. GRANGER. A developmental model for distance learning using the Internet. **Computers & Education**, v.34, n.1, p.1-15. 2000.

PATON, B. E. Virtual Laser Lab - The Future of Distance Learning is Here! **Instrumentation Newsletter**, v.10, n.4. 1998.

REGGIANI, L. A vida pelos bytes. **Revista InfoExame**, v.175, n.15, Outubro. 2000.

REINHARDT, A. New Ways to Learn. **BYTE.com**. March 1995.

ROSS, R. J., C. M. BORONI, *et al.* WebLab! A universal and interactive teaching, learning, and laboratory environment for the World Wide Web. **SIGCSE Bull**, v.29, n.1, p.199-203. 1997.

ROY, J. e A. RAMANUJAN. Understanding Web Services. **IT Pro**, v.Nov/Dez, p.69-73. 2001.

SALZMANN, C., H. A. LATCHMAN, *et al.* **Requirements for Real-Time Laboratory Experimentation Over the Internet**. ICEE98-International Conference on Engineering Education. Agosto, 1998. p.

SARANG, P. G., C. BROWNE, *et al.* **Professional Open Source Web Services**: Wrox Press. 2002. 450 p.

SHIN, D., E. S. YOON, *et al.* A web-based, interactive virtual laboratory system for unit operations and process systems engineering education: issues, design and implementation. **Computers & Chemical Engineering**, v.26, n.2, p.319. 2002.

SPOELDER, H. J. W. Virtual instrumentation and virtual environments. **Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE**, v.2, n.3, p.14. 1999.

TAN, K. K. e C. Y. SOH. Instrumentation on the Internet. **Engineering Science and Education Journal**, v.10, n.2, p.61. 2001.

TANENBAUM, A. **Modern Operating Systems**: Prentice Hall, v.1. 2001. 976 p.

TANER, A. H. B., J. E. Virtual instrumentation and intelligent sensors. **Sensors and Actuators A**, v.61, p.427-430. 1997.

W3C. (2003, 24 Jun). "SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework." Acessado em: 20/04, 2006, Disponível em: <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>.

_____. (2004, 04 Fev). "Extensible Markup Language (XML) 1.0." Third Edition. Acessado em: 18/04, 2006, Disponível em: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204/>.

W3C, W. G. (2004). "Web Services Architecture." Acessado em: 26/03/2006, 2005, Disponível em: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>.

WALLER, J. C. e N. FOSTER. Training via the web: a virtual instrument. **Computers & Education**, v.35, n.2, p.161. 2000.

WANG, C. e R. X. GAO. A virtual instrumentation system for integrated bearing condition monitoring. **Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on**, v.49, n.2, p.325. 2000.

WEERAWARANA, S., F. CURBERA, *et al.* **Web Services Platform Architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging, and More**: Prentice Hall. 2005. 456 p.

WELLING, L. e L. THOMSON. **PHP and MySQL Web Development**: Pearson. 2004. 984 p.

WULFF, C., T. YTTERDAL, *et al.* **Next Generation Lab-a solution for remote characterization of analog integrated circuits**. Fourth IEEE International Conference on Devices, Circuits and Systems. Caracas - Venezuela: IEEE, 2002. I024-1- I024-4 p.

YEUNG, K. e J. HUANG. Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment. **Computers in Industry**, v.52, n.3, p.305-311. 2003.

ZAINA, L. A. M., G. BRESSAN, *et al.* **Interactive chat: an experience in a virtual assessment**. 3rd International Conference on Engineering and Computer Education. São Paulo-SP-Brazil, 2003. p.