



CloudLab: Um Ambiente Virtual de Aprendizagem com Laboratório Virtual Integrado para o Ensino de Hardware

CloudLab: A Virtual Laboratory for Teaching Integrated Circuits Design

Alisson V. Brito

Programa de Pós-Graduação em Informática
Centro de Informática
Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa, PB, CEP: 58059-900
alissonbrito@ci.ufpb.br

José Judson Mesquita Cunha

Empresa de Processamento Dados Previdência Social (Dataprev)
Av. Pres. Getúlio Vargas, 47 – Centro
João Pessoa, PB, CEP: 58013-240
jose.judson@dataprev.gov.br

Resumo *Esse trabalho propõe a criação de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) chamado CloudLab com a funcionalidade de Laboratório Virtual (LV) integrada a ele. O foro principal é o treinamento à distância de alunos de computação e engenharia na área de Hardware, visando atender às necessidades instituições de ensino e pesquisa. O CloudLab possui características importantes como o acesso remoto às ferramentas de projeto com tutoria e acompanhamento do professor, gerenciamento de arquivos, visualização de vídeos e imagens das redes sociais, bem como a comunicação interpessoal através de mensagens assíncronas. Foi realizado um experimento prático com alunos de Ciência da Computação que demonstrou a eficácia do sistema e sua aceitação por parte dos alunos e professores envolvidos.*

Palavras-Chave: Ambiente Virtual de Aprendizagem, Laboratório Virtual, Circuitos Integrados.

Abstract *This paper proposes the creation of a Learning Management System (LMS) named CloudLab with support to Virtual Laboratory (VL). It aims at distance training of Computer Science and Engineering students in Hardware, to meet the needs of education and research institutions. That CloudLab has important features such as remote access to design tools with teacher mentoring and monitoring, file management, viewing videos and pictures of networks social and interpersonal communication via asynchronous messages. A practical experiment was conducted with students of Computer Science that demonstrated the effectiveness of the system and its acceptance by students and teachers involved*

Keywords: Learning Management System, Virtual Lab, Integrated Circuits.

1 Introdução

A atual conjuntura social e cultural do mundo globalizado impõe contínuas formas de interação entre os indivíduos e uma contínua atualização por parte destes. Observa-se, portanto, nos últimos anos, uma maior expectativa na utilização de tecnologia, tendo de um lado um segmento empresarial que desconhece e tem dúvidas sobre o retorno do investimento na área, e, de outro, um público que se encanta cada vez mais com as aplicações disponibilizadas pelo desenvolvimento tecnológico. A Tecnologia da Informação (TI) tem evoluído bastante nos últimos anos, dando suporte a computadores mais poderosos e meios de comunicação mais velozes, com maior largura de banda e confiabilidade.

Avanços em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) estão se tornando fundamentais para o desenvolvimento social e econômico das nações. As TICs têm oferecido meios para revolucionar empresas e organizações, transformando estruturas econômicas e modificando hábitos sociais (Ekekwe e Ekenedu, 2008). Todos esses avanços tecnológicos estão disponíveis para o mercado graças à evolução da microeletrônica no mercado mundial.

Além do importante papel como facilitadora dos processos cotidianos de gestão empresarial, a tecnologia da informação, representada através das ferramentas de Educação à Distância e das redes sociais, atua como uma poderosa ferramenta de inclusão, dando acesso irrestrito aos meios de comunicação, pesquisa e lazer. As redes interativas de computadores, em especial a Internet, tem crescido a cada ano. Essa evolução tem criando novas formas e canais de comunicação, moldando a vida e, ao mesmo tempo, sendo moldadas por ela (Castells, 2000).

Segundo a Secretaria Executiva do Ministério da Ciência e Tecnologia, nas duas últimas décadas, a indústria de semicondutores consolidou-se como a principal força impulsionadora do desenvolvimento tecnológico mundial. Na esteira dessa transformação tecnológica, foram criadas indústrias que mobilizam dezenas de bilhões de dólares e empregam milhões de pessoas, concentradas em poucos países. Esse contexto de desenvolvimento tecnológico e das facilidades proporcionadas por ele nos leva a uma elevada demanda de produtos eletrônicos.

Hoje o Brasil se encontra com uma baixa capacidade produtiva na indústria de semicondutores e, portanto, tem diversos obstáculos a vencer (ABINNE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2011). Como resultado, nossa indústria possui um lucro bem aquém de seu potencial e produtos eletrônicos de alto custo por utilizar diversos componentes importados.

Uma das causas dessa baixa capacidade produtiva é a baixa formação de profissionais capacitados. Um grande desafio na formação de profissionais é prender a atenção do aluno, fazendo com que o mesmo sintam-se motivado durante o processo de ensino e aprendizagem. O estudante de hoje, nativo da era digital, está geralmente

acostumado às tradicionais aulas expositivas com quadro onde o professor é sempre o emissor e o aluno o receptor das informações, ao invés de aulas dinâmicas, mais atrativas, interativas e mais enriquecedoras.

Portanto, a prática tradicional, comumente utilizada nas instituições de ensino, pode ser melhorada para se adaptar a essa nova realidade cultural e social.

Por meio da Tecnologia da Informação e do acesso às ferramentas de Educação à Distância, amplia-se a atuação do professor, no sentido de aumentar sua presença e suporte aos alunos. Ou seja, a correta utilização dessas novas tecnologias e metodologias de ensino auxiliará no incremento a quantidade de profissionais e na melhoria da qualidade dos profissionais formados, ajudando a suprir essa carência da indústria nacional.

Ao mesmo tempo observa-se que não há na literatura trabalhos que possibilitem o professor a preparar um ambiente de ensino laboratorial de forma simples e rápida para suas disciplinas (principalmente na área de Hardware). Geralmente preparar um laboratório de ensino é uma tarefa repetitiva, demorada e as vezes complicada, a depender dos sistemas a serem instalados e configurados. A maioria dos trabalhos presentes na literatura tratam do acesso a equipamentos físicos de hardware para experimentos com alunos, ou de interface para acesso a uma ferramenta em específico, sem possibilidade de generalizações. Além disso, nenhum trabalho encontrado incorpora a funcionalidade de Laboratório Virtual a um Ambiente Virtual de Aprendizagem, fazendo com que seja necessário o uso de um vasto conjunto de outras ferramentas para permitir funcionalidades como bate-papo, envio de materiais instrucionais, exercícios e fóruns.

Esse trabalho apresenta um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) com suporte a Laboratório Virtual (LV) intitulado CloudLab para o treinamento à distância na área de Hardware, destacando o ensino de projetos de Circuitos Integrados e Arquitetura de Computadores, visando atender às necessidades instituições de ensino e pesquisa. Para tal foi desenvolvido um sistema web utilizado linguagem Java que incorpora recursos de diversos projetos de código livre disponíveis. Inicialmente não se pretende transformar esse projeto em código aberto, mas isso seria possível graças a natureza dos projetos utilizados em seu desenvolvimento. O referido sistema possui características importantes como o acesso remoto às ferramentas de projeto com tutoria e acompanhamento do professor, gerenciamento de arquivos, visualização de vídeos e imagens das redes sociais, bem como a comunicação interpessoal através de mensagens assíncronas.

2. Metodologia

Inicialmente foi realizada uma reflexão baseada na experiência dos pesquisadores envolvidos nesse trabalho e seus pares sobre as dificuldades comuns tanto dos professores, quando dos alunos com relação ao ensino e

aprendizagem de Hardware. Essa reflexão nos levou a desenvolver um Ambiente Virtual de Aprendizagem para o auxílio dessa tarefa.

O sistema foi desenvolvido numa arquitetura web, onde o servidor é executado numa arquitetura Linux e os clientes o acessam por um navegador web através da Internet. A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 1. Ele é composto principalmente dos seguintes módulos:

- **Recursos didáticos:** trata do armazenamento e distribuição dos materiais instrucionais que poderão ser acessados por alunos e professores durante o processo de ensino e aprendizagem. São eles: i) materiais didáticos multimídia (áudio, animações e vídeos), ii) equipamentos físicos de laboratório que podem ser acessados no caso da instalação de uma câmera no servidor e nos computadores dos alunos, iii) arquivos dos alunos professores armazenados no servidor e disponíveis para acesso futuro, dispensando o aluno de manter consigo os resultados de cada aula realizada e iv) exercícios elaborados pelo professor que devem ser respondidos pelo aluno no ambiente.
- **Ferramentas de Projeto:** esse módulo permite que ferramentas instaladas no computador servidor possam ser acessadas na íntegra pelos alunos de forma remota. Para tal, é utilizado o aplicativo Secure Shell (SSH), que permite que máquinas remotas acessem o computador servidor de forma segura (criptografada). Dessa forma, qualquer aplicativo instalado no servidor pode ser disponibilizado na íntegra para acesso pelos alunos.
- **Acesso Remoto:** esse módulo permite que uma participante do curso tenha acesso remoto à máquina de outro participante. Esse acesso deve anteriormente ser permitido na configuração do curso e pelo seu professor. Dessa forma, quando habilitado na interface do professor, os alunos podem visualizar o que o professor está fazendo naquele exato momento em seu computador. Isso permite que o professor passe instruções práticas para um grupo de alunos que estejam com maior dificuldade em assuntos específicos. Para essa funcionalidade também foi utilizado o Secure Shell (SSH).
- **Screenshots:** esse módulo permite que, de forma manual ou automática, sejam capturadas imagens da tela do aluno ou professor de um curso. As capturas podem tanto ser únicas, como periódicas. Todas imagens são capturadas e salvas na pasta pessoal do usuário no Gerenciador de Arquivos do servidor. Assim, o usuário pode, sempre que necessitar, acessar essas imagens que ficaram registradas. Essa funcionalidade pode ser usada para que o professor controle a realização de tarefas pelos alunos, ou para o professor mostrar para os

alunos como ele realizou determinadas tarefas. Essa funcionalidade é implementada utilizando o SFTP para transferência de arquivo de forma segura, e o ImageMagick para a compressão das imagens antes da transmissão.

- **Laboratório Virtual (LV):** esse módulo é responsável por coordenar a execução dos demais módulos. Ele é responsável por gerenciar os cursos, com os alunos e professores envolvidos, materiais didáticos, configurações, permissões e ferramentas de projeto disponíveis.

Em seguida, foi realizado um Estudo de Caso do ambiente em questão, onde o sistema foi utilizado por uma turma de graduação, e executado um tutorial de ensino de Fundamentos de Arquitetura de Computadores e Microeletrônica.

O experimento foi todo realizado através da Internet, tendo havido o acompanhamento e avaliação do aluno em tempo real por parte do professor através de assistência remota disponível no CloudLab, que também disponibilizou todo o material didático que conduziu o aluno na utilização das ferramentas, na realização de projetos e na simulação de circuitos lógicos. Posteriormente, foi realizada a análise dos resultados e discussões.

3. Fundamentação Teórica

Dentre essas novas ferramentas e conceitos surge o Laboratório Virtual (LV). Mercer, Prusinkiewicz e Hanan (1999) definem Laboratório Virtual como um ambiente distribuído e heterogêneo de resolução de problemas que permite que um grupo de pesquisadores localizados ao redor do mundo trabalhe colaborativamente em um conjunto de projetos e/ou pesquisas. Forte, Santin, Oliveira e Kirner (2008) classificam os LVs em 3 tipos:

Laboratórios Multimídia: nesta categoria enquadram-se os laboratórios de apoio ao aprendizado que obedecem as características comuns aos produtos multimídia, como o uso de sons, textos, animações, vídeos e imagens, afim de que o conteúdo abordado seja apresentado de maneira ampla e com fácil compreensão. Nossa proposta aborda todas essas funcionalidades, acrescidas do gerenciamento de arquivos do usuário, acompanhamento remoto e resolução on-line de exercícios teóricos e práticos.

Laboratórios em Realidade Virtual: são construídos a partir do uso de técnicas de Realidade Virtual, caracterizando-se pela imersão total do usuário no mundo virtual, ou seja, transferindo o aluno para o ambiente programado, através de recursos como óculos de visualização ou caves. Estes laboratórios trabalham com o conceito de simulação do ambiente laboratorial, podendo ser muito eficazes quanto a sua representação fiel. O presente trabalho também aborda aspectos desse tipo de LV, disponibilizando as ferramentas de projeto dos laboratórios através de acesso remoto e viabilizando o armazenamento dos projetos desenvolvidos pelos alunos no servidor, apesar de não utilizar equipamentos

específicos de hardware.

Laboratórios em Realidade Aumentada: Esses LVs são aplicações que não disponibilizam a imersão total. Ao contrário, caracterizam-se pelo enriquecimento do mundo real através da adição de elementos virtuais. Nestas aplicações, o usuário geralmente observa a ocorrência de eventos, a partir da tela do computador, sem a necessidade de se munir de dispositivos especiais de visualização, e interage com os objetos virtuais com o auxílio de marcadores tangíveis, sem a necessidade,

também, de dispositivos especiais para a tarefa.

Já Gouveia (1998), esclarece que nos LVs a interatividade, a manipulação e o controle do ambiente por parte do aluno reforçam ainda mais a motivação do mesmo e permite-lhe sentir-se mais à vontade, dominando um universo que compreende e apreende mais facilmente, mas sempre com o apoio e orientação do professor.

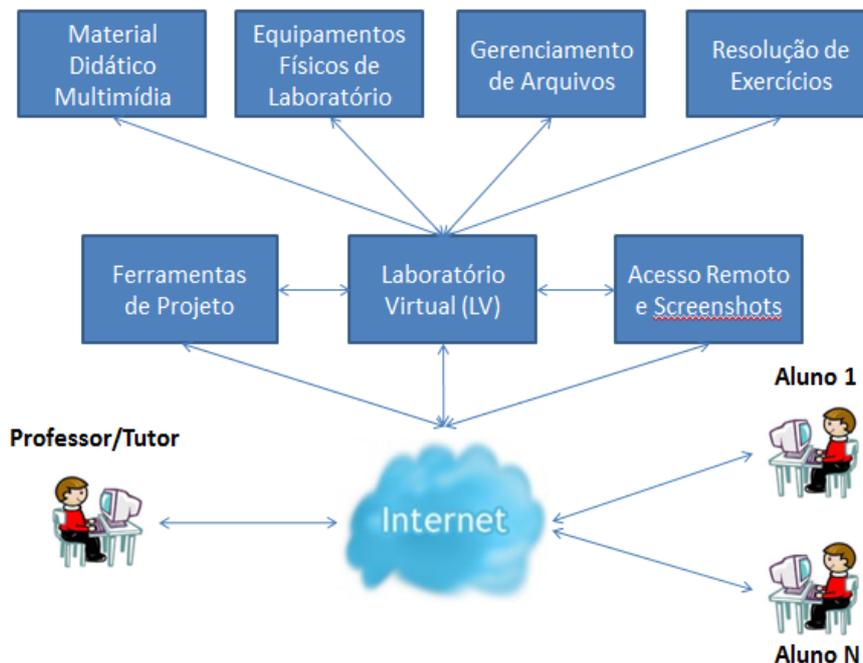


Figura 1: Arquitetura simplificada do Ambiente Virtual de Aprendizagem

Tretin, Pérez e Santos (2002) afirmam também que nos LVs as dificuldades de aprendizagem são mais fáceis de serem ultrapassadas, já que suas características permitem uma adaptação ao tipo e ritmo de aprendizagem que, associada à visualização de informação complexa de forma simplificada, facilitam a superação de algumas dificuldades. Além das vantagens supracitadas, podemos elencar outras características positivas dos LVs como:

- Combinar a forma de trabalho colaborativo disponibilizada pela ferramenta com a flexibilidade de realização das atividades pela Web;
- Proporcionar resultados reais;
- Ser de fácil acesso e possuir um baixo custo de desenvolvimento e manutenção;
- Proporcionar um alto índice de imersão e representação do ambiente real;
- Aumentar a motivação do aluno;
- Reduzir a inibição do aluno ao realizar uma pergunta ou emitir uma opinião;
- Disponibilizar uma série de meios de comunicação em uma só ferramenta;

- Disponibilizar material didático on-line;
- Não necessitar de hardwares específicos, mas poder disponibilizar acesso remoto a experimentos e/ou ambientes específicos de Laboratórios;
- Ajudar a incluir digitalmente o aluno e o professor.

O que se deseja com a implantação do LV é que a combinação das técnicas de construção e utilização de recursos audiovisuais e experimentos, somadas a disponibilização de ferramentas de projeto e ao acompanhamento remoto, faça desse instrumento uma extensão do curso fora da sala de aula. Com isso, espera-se uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem no que diz respeito à agilização do processo instalação e configuração das ferramentas de projeto, bem como na utilização dos poderosos recursos das redes sociais sem a real necessidade de acesso direto às redes (o que poderia dispersar ao invés de atrair os alunos). Além disso, deseja-se modificar a forma tradicional de ensino onde o professor permanece como elemento ativo do curso, enquanto o aluno geralmente mantém uma atitude passiva.

4. Trabalhos relacionados

Ma e Jing (2010) tratam de uma proposta baseada em P2P para laboratórios virtuais dinâmicos. Ele mostra que a tecnologia de laboratório virtual baseado na web se tornou o meio fundamental no desenvolvimento de recursos de ensino experimental e da experiência de realização de atividades de ensino à distância, mas que esses laboratórios virtuais são distribuídos, heterogêneos e autônomos, devido à falta de padronização, o que torna difícil o acesso mútuo e gera ilhas isoladas de laboratório. Em seu trabalho, Ma e Jing (2010) mostram alguns recursos utilizados como a Experiência Virtual com Equipamentos (que pode ser implantada em servidor web, e remotamente ser integrada e invocada pela incorporação no *frame* do HTML), simulação de processos (realizadas sob a forma de Flash ou VRML (Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual), que pode ser incorporado em HTML padrão páginas web), e procedimentos executáveis (que podem ser encapsulados na web em *Applets* e publicados como páginas HTML).

Já Grisolia e Ulmet (2008) propõem um Ambiente Virtual de aprendizagem baseado na Web, que se utiliza de apresentações e animações como forma de transmissão de conteúdo, podendo ser usado por técnicos e engenheiros que necessitem desenvolver uma habilidade específica. Sua metodologia de aplicação é baseada em três etapas, leitura do conteúdo disponibilizado no Moodle, experiência em laboratório e avaliação através de exercícios (que deve determinar a eficiência real de compreensão do aluno através de testes e avaliações tipo perguntas e respostas). Esse modelo de ferramenta possui limitações quanto à prática de atividades no ambiente remoto, pois nessa abordagem o aluno precisa se dirigir ao laboratório para exercitar os conteúdos vistos na primeira etapa do curso (Moodle).

Mohtar, Nedic e Machotka (2008) mostram o desenvolvimento de um laboratório remoto que permite aos estudantes inspecionar e testar visualmente circuitos microeletrônicos sob um microscópio. Os desafios incluem a construção mecânica de sondas, controle de motor para o posicionamento preciso de sondas e o desenvolvimento de uma interface gráfica (GUI) de usuário que dará aos alunos um ambiente que melhor se assemelha ao de um laboratório real.

O trabalho de Bouldin e Srivastava (2004) relata o desenvolvimento de um Sistema em Chip Integrado propondo aos alunos a reutilização de módulos já existentes e dando condições aos mesmos de criarem outros módulos de alta qualidade para que possam ser reusados. Essa plataforma utiliza apenas núcleos abertos e proporciona uma visibilidade interna dos componentes, tanto em nível de código fonte quanto no nível de layout físico, facilitando o entendimento. Entre os principais objetivos do projeto estão: a redução do tempo de desenvolvimento de um produto até levá-lo ao mercado, evitando assim um possível prejuízo pela demora no desenvolvimento do mesmo; aumento da flexibilidade no desenvolvimento de sistemas complexos, fazendo com

que seja simples de adicionar novos núcleos ao projeto; proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem mais favorável. A proposta é interessante no tocante ao desenvolvimento de atividades práticas de desenvolvimento de CIs e na redução do time-to-market, no entanto deixa a desejar no quesito acompanhamento do aluno pelo professor através da web.

A proposta de Lim et. al. (2003) tem por objetivo descrever uma ferramenta utilizada em um curso para integração de novos componentes em sistemas embarcados. No exemplo em questão, a ferramenta foi utilizada para desenvolver um firewall, que foi testado e prototipado utilizando FPGA. A ferramenta de integração foi útil para gerenciar o processo de adição de novos módulos, bem como para testá-los. O referido experimento se deve ao fato de que hoje, devido às evoluções tecnológicas, sistemas inteiros são colocados dentro de chips de silício. Esse contexto torna necessária a utilização de ferramentas para auxiliar no projeto e nos testes desses sistemas. O projeto utiliza TIC (recursos audiovisuais) como ferramenta para potencializar o aprendizado, obtendo na ferramenta de integração em alto nível uma importante aliada para agilizar os procedimentos. No entanto, não define bem se trabalha com o conceito de Educação à Distância, pois não especifica claramente se as atividades são desenvolvidas em um único local. Aparentemente não produz nenhum material (tutorial) que possa ser seguido para implantar o mesmo processo em outras turmas e instituições de ensino.

Já Bonnaud (2001) propõe um curso interativo à distância, relacionado com a tecnologia da microeletrônica, que pode implementar o banco de dados de um campus virtual. Ele pode ser usado como uma ferramenta de ensino à distância, e pelo fato de poder testar o estudante, pode constituir créditos de um diploma universitário, ou seja, valem pontuação para a conclusão de cadeiras no curso. O curso proposto é constituído de duas partes, sendo a primeira uma introdução à microeletrônica através de textos, animações, simulações e *Applets* especiais, e a segunda é composta de testes que compõem o processo de avaliação dos conhecimentos adquiridos pelo aluno no decorrer do curso. O referido modelo possui animações bem interessantes, mas também é limitado em relação ao desenvolvimento de atividades práticas de forma remota, possuindo em sua maioria exercícios de múltipla escolha.

O trabalho de Viera, et. al. (2008) trata sobre um projeto de Laboratório Virtual desenvolvido por alunos e professores com ênfase no Passeio Virtual em um laboratório de Design de Circuitos Integrados do Departamento de Microeletrônica da Faculdade de Engenharia Elétrica e Tecnologia da Informação, na Bratislava. O projeto surgiu com a intenção de ajudar os estudantes a adquirirem algum conhecimento básico sobre Circuitos Integrados, incentivando-os a ingressarem na área e utilizarem os laboratórios. Esse passeio virtual traz uma introdução à área em questão e realiza uma visita pelos ambientes, além de possuir uma interface amigável e atrativa. Seu conteúdo está

disponível no site: <http://kme.elf.stuba.sk/virtualtour>.

Outra proposta é feita por Zubia, Angulo, Hernández e Orduña (2008), que apresenta a implementação de um laboratório remoto em uma nova arquitetura cuja principal característica é a leveza e o baixo custo, além de permitir uma instalação simples em outras universidades. Nessa proposta, todo aluno deve acessar o laboratório remoto para executar alguns projetos ao longo do curso, podendo acessar de sua casa ou na universidade. A ferramenta permite o acesso ao equipamento físico do laboratório remoto, mas limita-se a essa funcionalidade, não possuindo material didático complementar, animações, acompanhamento remoto, gerenciamento de mídias de apoio, resolução de exercícios on-line ou gerenciamento de arquivos. Na avaliação feita pelos alunos, a maioria achou uma ideia interessante, gostou de utilizar essa tecnologia e usaria novamente em outros cursos. No entanto foi constatado que para um melhor aproveitamento deve ser dada ênfase na aquisição de recursos de qualidade como câmeras, computadores, velocidade de conexão e demais equipamentos envolvidos no processo. No nosso caso, como o servidor é o responsável pelo processamento, não precisamos de clientes robustos (*thin client*) e nem de câmeras de alta resolução, pois no escopo do projeto não está incluída a fase de inspeção visual de circuitos já impressos.

Nossa proposta pretende ser um misto das soluções apresentadas anteriormente, proporcionando o maior número de possibilidades de interação entre alunos e professores, orientando o mesmo na realização de suas atividades através das mídias digitais, facilitando o acesso do acadêmico às ferramentas de projeto, e dando o acompanhamento que esse aprendiz necessita para ter um melhor aproveitamento nas disciplinas oferecidas no curso. O único aspecto não coberto pela ferramenta é a manipulação remota de equipamentos físicos de laboratório, posto que o escopo desse projeto abrange apenas a parte de Projeto de Circuitos Integrados e Arquitetura de Computadores (através de simulação), não abrangendo a parte de fabricação do *wafers*, encapsulamento e nem de testes.

A Tabela 4 mostra uma comparação entre os vários trabalhos correlatos mencionados nessa seção e o Laboratório Virtual proposto, abordando vários aspectos de cada uma das propostas e demonstrando de forma simples e clara as funcionalidades implementadas no projeto. Os itens destacados com um “*” (asterisco) possuem um diferencial em relação aos demais, os quais serão expostos a seguir:

Comunicação Síncrona: Comunicação em tempo real, similar a um chat.

Comunicação Assíncrona: Comunicação realizada com a troca de mensagens não síncronas, ou seja, que não são visualizadas em tempo real, mas com um atraso de entrega. Similar aos emails.

Gerenciamento de Imagens no Orkut: Interação da ferramenta com perfis públicos da rede social Orkut.

Possui a grande vantagem de utilizar esse recurso de compartilhamento de imagens sem a necessidade de acessar diretamente a ferramenta, evitando dispersar a atenção do aluno ao ter que acessar a rede social.

Gerenciamento de Vídeos no Youtube: Mecanismo similar ao Gerenciamento de Imagens no Orkut, proporcionando rapidez na exibição de vídeos, economia de espaço e direcionamento aos vídeos de interesse do curso.

Acesso Remoto: Mecanismo de intervenção na máquina do aluno e de disponibilização das ferramentas de projeto de forma remota.

Screenshot Remoto: Mecanismo de acompanhamento que pode ser realizado sob demanda ou periodicamente, facilitando o processo de ensino e aprendizagem.

Passeio Virtual em Vídeo: Passeio Virtual em Laboratório físico através de vídeo.

5. Interface do Sistema

A interface com o usuário é extremamente importante para que o sistema atenda devidamente as necessidades do usuário e permita seu público alvo se familiarizar com suas funcionalidades. Portanto, para um melhor resultado final do projeto, foi desenvolvida uma interface gráfica baseada em janelas com abas organizando as funcionalidades em sete grupos:

(1) **Comunicação:** disponibiliza todas as formas de comunicação do sistema. Nessa aba serão realizadas comunicações através de chat, videoconferência, e mensagens de texto. A comunicação é provida de forma assíncrona (mensagens que geralmente não são respondidas em tempo real). Para comunicação síncrona podem ser utilizados comunicadores tradicionais, como GTalk, MSN ou outros.

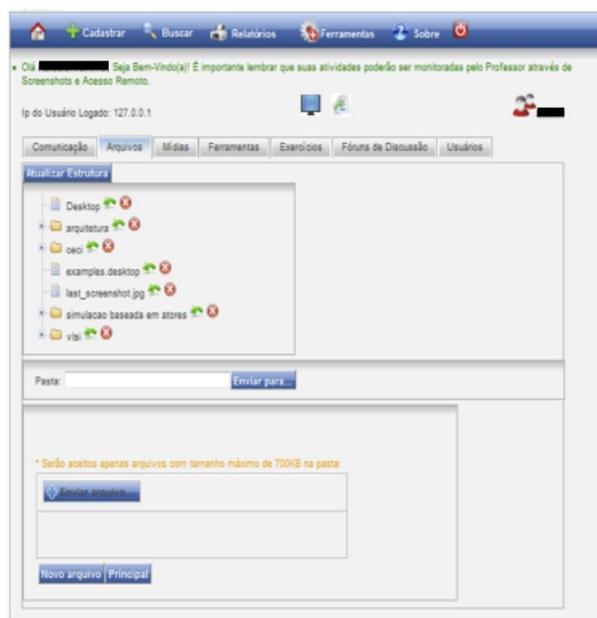


Figura 2: Tela da Ferramenta na visão do Professor – Aba Arquivos

Tabela 1: Comparativo das Ferramentas correlatas com o sistema proposto

| PROJETO | FUNCIONALIDADE | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|--|---------------------|--|
| | Comunicação | Gerenc. de Arquivos | Gerenc. Imagens | Gerenc. Vídeos | Acesso Remoto | Testes On-lie | Passeio Virtual | Simulação de Processos | Inspecionar e testar visualmente circuitos | Fóruns de Discussão | |
| Ma, Jing (2010) | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Sim | Não | Não | |
| Grisolia e Ulmet (2008) | Sim *Síncrona | Sim | Sim | Sim | Não | Sim | Não | Não | Não | Sim | |
| Mohtar, Nedic e Machotka (2008) | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Sim | Não | |
| Bonnaud (2001) | Não | Não | Sim | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | Não | |
| Viera et. al. (2008) | Não | Não | Não | Não *Exibição | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | |
| Zubia, Angulo, Hernández e Orduña (2008) | Não | Não | Não | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | Não | |
| CloudLab | Sim *Assíncrona | Sim | Sim *Orkut | Sim *Youtube | Sim | Sim | Sim *Vídeos | Sim | Não | Sim | |

(2) Arquivos: contém o material teórico do curso e disponibiliza uma interface de gerenciamento de arquivos (envio, listagem, download e exclusão) para o usuário em sua pasta base do servidor. Encontra-se concluída e funcional. Na Figura 2 pode-se observar a visualização dos arquivos e pastas do usuário professor:

(3) Mídias: contém os arquivos multimídia (vídeos e imagens) que orientam os alunos na prática de atividades. Visualizada detalhadamente na Figura 3, ela mostra uma imagem de um inversor desenvolvido na ferramenta de projeto da Alliance denominada Graal (essa tela é comum aos usuários aluno e professor). Nesta imagem, os alunos podem ter uma ideia inicial de como é a célula padrão do inversor e, com o vídeo localizado na aba a direita, o aluno é orientando em como deve proceder para projetar essa célula na ferramenta que estará disponível

através de acesso remoto. Essa funcionalidade é integrada com o YouTube (para a exibição dos vídeos) e Orkut (para a exibição das imagens).

(4) Ferramentas: fornece acesso remoto as ferramentas de projeto necessárias ao desenvolvimento das atividades propostas. O acesso remoto é fornecido através de SSH, proporcionando uma comunicação da máquina cliente com o servidor de ferramentas. O CloudLab foi desenvolvido de forma a permitir que ferramentas consolidadas de projeto de circuitos sejam integradas a mesma, desde que haja licença para tal. Na atual versão do software, estão disponíveis as ferramentas para acesso remoto da suíte Alliance CAD System (LIP6, 2012), por serem de código aberto: Graal, Xsch, Xpat, Dreal, Shell, Xfsm, Xvpn, além de outras ferramentas, tais quais: Ptolemy, Nautilus e SpiceOpus.

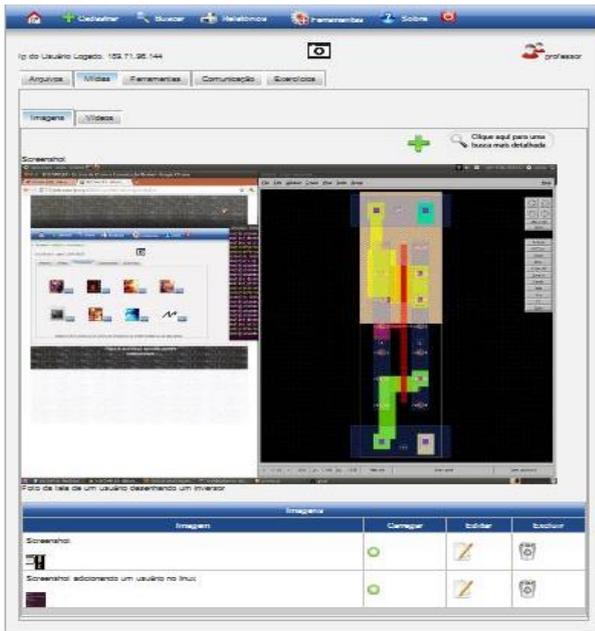


Figura 3: Tela da Ferramenta na visão do Professor – Aba Mídias

A Figura 4 apresenta a tela de acesso remoto às ferramentas de projeto, bastando apenas que o aluno clique no link da ferramenta, execute as operações conforme os vídeos disponíveis na aba de mídias e salve o arquivo para que ele esteja disponível para o professor no servidor. Cada aluno só poderá salvar arquivos na sua pasta base do sistema e, posteriormente, o professor pode realizar avaliações nesses arquivos visualizando seu conteúdo e testando suas funcionalidades. Um aspecto interessante é que ao abrir a ferramenta de projeto, ela funciona independente do navegador, facilitando assim o manuseio e a visualização dos vídeos e imagens assessorias.



Figura 4: Tela da Ferramenta na visão do Professor – Aba Ferramentas

(5) Exercícios: espaço para avaliar o aluno em relação ao conteúdo abordado na disciplina. Nessa aba o aluno poderá realizar pequenos testes de perguntas e respostas que ficarão salvos na base de dados do sistema para uma posterior avaliação do professor. O professor poderá incluir perguntas de forma fácil e interativa, que ao serem inseridas ficarão disponíveis automaticamente para o aluno. A Figura 5 apresenta esse espaço de teste.

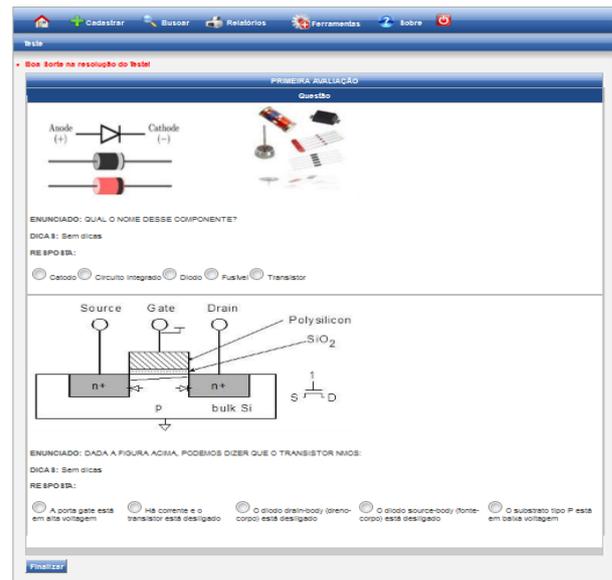


Figura 5: Tela da Ferramenta na visão do Aluno – Aba Exercícios

(6) Fóruns de Discussão: é o local disponibilizado para a realização dos já conhecidos fóruns de discussão existentes nos grupos de discussão tradicionais. São espaços destinados a troca de informações, links e toda informação que possa ajudar a dar uma solução para o tema do fórum. A seguir temos a Figura 6 que mostra este ambiente.

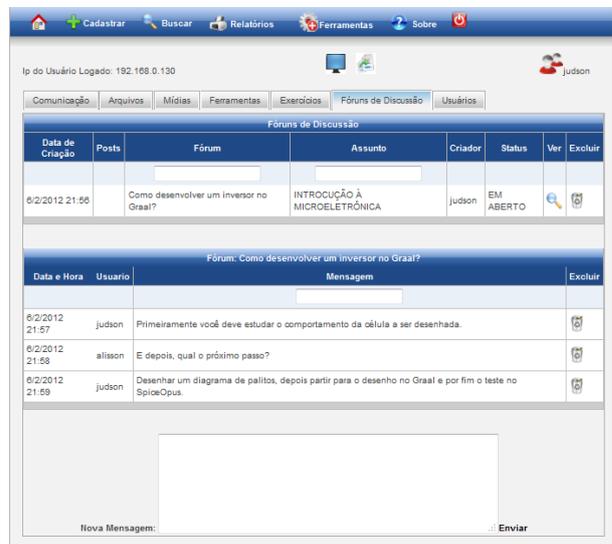


Figura 6: Fóruns de Discussão

(7) Acompanhamento Remoto de Usuários: é o local disponibilizado para o acompanhamento remoto dos alunos que participam das atividades no CloudLab. Esse acompanhamento pode ser realizado de duas formas, sob demanda ou periodicamente. No primeiro caso, o usuário professor solicita o *screenshot* da tela do aluno e este autoriza e envia para o Laboratório Virtual. Na outra forma, o aluno configura a periodicidade do *screenshot* e de acordo com essa configuração envia imagens da sua tela de forma periódica ao servidor. A seguir temos a Figura 7 que apresenta a operação de acompanhamento, onde um usuário visualiza a imagem estática da tela de

outro usuário.



Figura 7: Acompanhamento remoto pelos usuários

Na Figura 8, é possível observar a realização da configuração da máquina de um usuário para enviar *screenshots* periodicamente para o servidor. Dessa forma, o professor ou outros colegas podem acompanhar e ajudar este usuário no desenvolvimento de suas atividades de forma contínua e sem a necessidade de múltiplas requisições de *screenshot* por parte do usuário que emite as imagens.

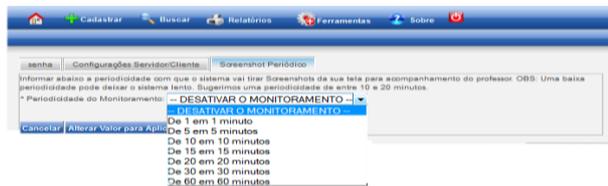


Figura 8: Configuração do *screenshot* periódico.

Por fim temos a (8) Intervenção Remota Ativa: nela poderá ser realizado o acesso remoto à máquina de outro usuário (geralmente o professor acessa a máquina do aluno), onde o professor pode auxiliar o aluno através de intervenções ativas na sua máquina. Para realizar essa operação, o usuário que deseja receber a intervenção de outrem deve abrir a tela do Servidor de Acesso Remoto e definir uma senha de acesso à sua máquina. Já o usuário interventor deve abrir a tela do Cliente de Acesso Remoto e informar o número do IP da máquina que deseja intervir remotamente. A necessidade do fornecimento do número do IP e da senha de acesso se fazem necessários por motivo de segurança.

Para a disponibilização desta funcionalidade, foi realizada uma integração do AVA com a ferramenta de acesso remoto VNC, que disponibiliza livremente o servidor e cliente de acesso remoto via *Applet*. A Figura 9 apresenta as telas do Servidor de Acesso Remoto

(acima) e do Cliente de Acesso Remoto (abaixo) utilizados no projeto.

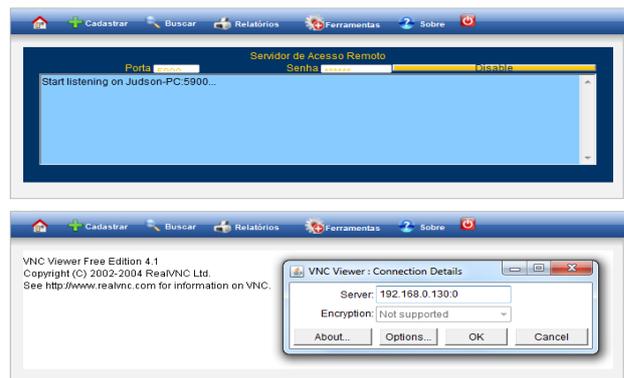


Figura 9: Servidor e Cliente de Acesso Remoto

6. Fluxo de aprendizagem

Esta seção mostra o fluxo básico de aprendizagem através do CloudLab, que consiste na disponibilização de ferramentas de projeto, acompanhamento das atividades desenvolvidas pelo aluno através de acesso remoto e correção automática dos exercícios práticos. Nesse fluxo de aprendizado, o sistema disponibiliza inicialmente a interface de trabalho e as ferramentas de projetos, em seguida o aluno realiza as atividades práticas. Durante a realização das atividades práticas, há a possibilidade de acompanhamento e comunicação entre o aluno e o professor através de acesso remoto.

Após a realização das práticas, o sistema checka o resultado das atividades e fornece uma avaliação prévia para o professor, que por sua vez deve atribuir uma nota ao exercício do aluno. Um aspecto importante abordado na proposta é a forma de avaliação que proíbe o aluno encerrar cada etapa do processo de aprendizado antes de encerrar a etapa anterior e for aprovado pelo professor (avanço de nível). Vale ressaltar que a ferramenta propõe melhorias principalmente no processo de acompanhamento, disponibilização de ferramentas de projeto e na correção automatizada das atividades práticas desenvolvidas na ferramenta Graal. Essa situação pode ser visualizada novamente na Figura 11, que representa o fluxo básico do sistema, tendo na camada intermediária (Sistema) a representação dessas funcionalidades ou melhorias.

7. Estudo de caso

O curso de Ciência da Computação de uma Universidade privada da região que foi escolhido para a realização do experimento possui duração mínima de 4 anos e contempla uma formação sobre as principais áreas da Computação. Sua Infraestrutura dispõe de máquinas com acesso a internet 24 horas por dia, além de espaços exclusivos para o professor, fornecendo um ambiente propício para a aplicação do experimento em questão.

No teste realizado, quatorze alunos voluntários de graduação do quinto semestre do curso de Ciência da Computação tiveram um contato por duas horas com o Ambiente Virtual de Aprendizagem, com o apoio do

professor da disciplina de Arquitetura de Computadores e dos pesquisadores desse projeto. Eles utilizaram o Laboratório Virtual juntamente com a ferramenta Ptolemy no intuito de solidificar os conhecimentos adquiridos na referida disciplina e desenvolveram ao final da mesma algumas simulações de componentes de um microprocessador (o MIPS). O estudo de caso não fez parte da avaliação da disciplina e foi, portanto, de participação opcional pelos alunos. A ementa da disciplina de Arquitetura de computadores aborda diversos temas, dentre os quais podemos citar:

- Estrutura básica de computadores;
- Métodos de endereçamento;
- Formato de instruções, conjunto de instruções e sequenciamento de instruções;
- Microprogramação;
- Interrupção;
- Memória e dispositivos de entrada/saída;
- Acesso direto à memória;
- Arquitetura de computadores de alto desempenho;
- Análise de computadores comercialmente disponíveis a título de estudo de casos.

O conteúdo do projeto relacionado à disciplina foi ministrado em parte de forma presencial, sendo o restante do conteúdo abordado com o acompanhamento remoto dos tutores, que ficaram responsáveis por dar suporte aos alunos em suas atividades. Nessa ocasião foram utilizados o Laboratório Virtual e a ferramenta Ptolemy devidamente adaptada para o ensino de Arquitetura de Computadores, abordando os temas previstos na

metodologia acordada com o professor da disciplina.

No primeiro momento do curso, os alunos tiveram um nivelamento teórico, tendo acesso a todo o material didático colocado nas abas Arquivos e Mídias do CloudLab. Esse momento foi importante para familiarizar os alunos com o LV e a Ferramenta Ptolemy, bem como para expor o conteúdo teórico do curso em questão.

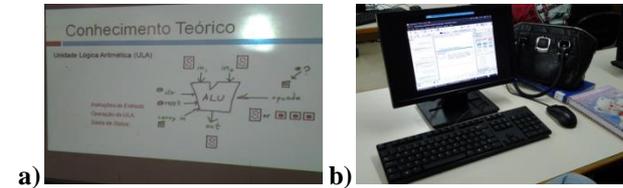


Figura 10: (a) slide projetado e (b) conteúdo disponibilizado pelo LV

Após a leitura do material proposto, os estudantes tiveram interação com os tutores da disciplina, tirando eventuais dúvidas sobre o conteúdo. Nessa ocasião foram expostos os exercícios práticos a serem desenvolvidos, bem como as condições necessárias a serem atendidas para se obter um bom desempenho nas atividades propostas.

No terceiro momento do curso, os alunos visualizaram as imagens e assistiram a um vídeo (através da interface do CloudLab) que demonstrava a utilização da ferramenta Ptolemy no desenvolvimento de uma atividade de simulação, mais especificamente o funcionamento do Contador de Programa (PC) e do somador que incrementa seu valor para buscar a próxima instrução na memória.

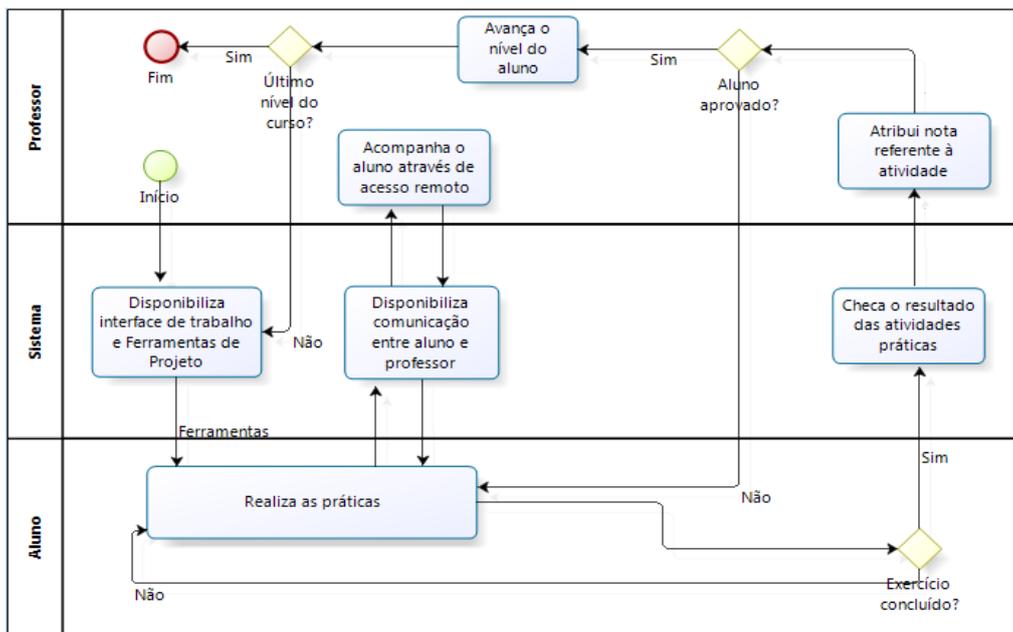


Figura 11: Fluxo Básico do Sistema

Após a visualização das imagens e do vídeo, foi realizada uma etapa prática, onde os alunos realizaram exercícios de simulação (Figuras 10 e 12). O primeiro experimento foi o mesmo visto no vídeo supracitado, e por fim, um exemplo um pouco mais complexo contendo dois atores elementares (PC e ADD), mais o ator de busca e de segmentação da instrução (*Instruction Memory e Decoder*).

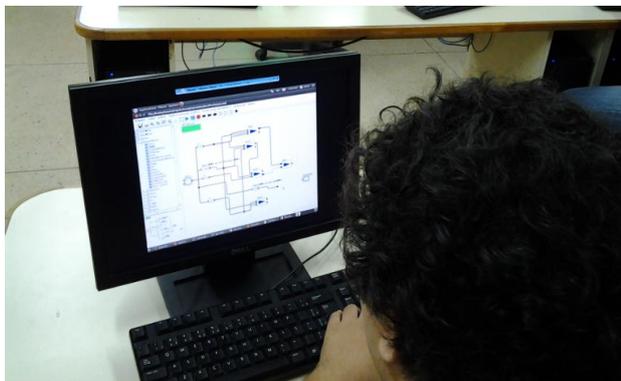


Figura 12: Aluno desenvolvendo atividades práticas remotamente pelo Laboratório Virtual

Durante o desenvolvimento dessas atividades, os tutores puderam acompanhar a evolução dos alunos através dos *screenshots* enviados pela ferramenta ou através da visualização dos arquivos do aluno no servidor, validando a funcionalidade de acompanhamento em tempo real das atividades dos alunos. Para avaliação dos resultados, foi aplicado um questionário on-line, onde os dados serviram de base para a análise da infraestrutura e metodologia do curso. Ao final da disciplina, os alunos foram avaliados de acordo com seu desempenho nas atividades.

8. Resultados alcançados

Percebeu-se uma economia significativa no tempo de instalação e configuração dos computadores do laboratório por parte da equipe de instrutores, facilitando o andamento das atividades, que provavelmente não teriam sido concluídas em sua plenitude se houvesse a necessidade de instalação e configuração por parte dos alunos. Ou seja, como quase todos os alunos não possuíam experiência com o sistema operacional Linux, o pouco tempo disponível não seria suficiente para a preparação individualizada de um ambiente com essa diversidade de ferramentas e configurações.

Um marco importante no projeto foi a agregação de diversos recursos e funcionalidades de ferramentas de acesso remoto, gerenciamento de arquivos e redes sociais como SSH, VNC e Youtube, dentro de uma única interface de ensino e aprendizagem. Essa alternativa se torna melhor do que a utilização dessas ferramentas separadamente quando colocamos em questão a dispersão que elas poderiam causar se utilizadas sem nenhuma regra, ou seja, com acesso irrestrito a essas ferramentas de forma individualizada, os alunos

poderiam dispersar sua atenção ao visualizar conteúdos que não estivessem relacionados ao conteúdo programático previsto no curso.

As atividades realizadas com o apoio do Laboratório Virtual conseguiram prender a atenção dos alunos e reduzir o tempo de desenvolvimento dos exercícios propostos na disciplina, de acordo com a análise realizada em conjunto com o professor.

A avaliação dos alunos sobre o Ambiente Virtual de Aprendizagem foi considerada bastante positiva, posto que 50% deles informaram ser “Boa” a Forma de Interação do Laboratório Virtual, e os outros 50% consideraram esse item como “Muito Boa”. Já no quesito que trata sobre os aspectos que mais contribuíram para a aprendizagem o cenário foi mais bem segmentado, de modo que a Exibição de Imagens, Gerenciamento de Arquivos e Disponibilização de Ferramentas de Projeto tiveram 12,5 % dos votos, o Acompanhamento Remoto ficou com 18,75%, mas o item que mais contribuiu para o processo de aprendizagem segundo os alunos foi a Resolução de Exercícios através do Laboratório Virtual, ficando com 43,75% das opiniões.

9. Dificuldades Encontradas

Diante do estudo de caso, descrevemos abaixo as dificuldades encontradas no processo de aplicação do conteúdo programático da disciplina de Arquitetura de Computadores através do Laboratório Virtual nesse contexto:

- Devido ao tamanho da Applet gerada pelo Ptolemy e utilizada no experimento (195 MB), o único servidor utilizado apresentou um pequeno atraso no tempo de carregamento quando submetido à demanda dos 10 alunos. No entanto, todas as atividades puderam ser concluídas com êxito. Aconselha-se em um próximo experimento que seja instalado um servidor para a aplicação e outro para as ferramentas, além de não se usar Applet, mas o programa instalado no servidor;

- No estudo de caso foram utilizadas nos computadores clientes Máquinas Virtuais (Linux), executando em máquinas Windows. Isso ocorreu porque o sistema foi desenvolvido em Linux e isso seria mais prático do que reimplementar algumas funcionalidades para se adaptar ao sistema Windows. O sistema Linux foi escolhido por ser de código aberto e por prover muitos recursos de acesso remoto já nativos de seu sistema. O uso de Máquina Virtual influenciou negativamente o desempenho. Em nossos laboratórios, o uso de Linux dedicado apresentou melhores resultados quanto ao desempenho das ferramentas e o tempo de resposta na execução das atividades, posto que este Sistema Operacional geralmente possui um melhor gerenciamento de memória;

- A demora no carregamento das imagens também foi um motivo de preocupação. Para solucionar o problema da demora no carregamento das mesmas, o tamanho das imagens de screenshot foi reduzido ao máximo possível no seu processo de criação, para

melhorar o desempenho na renderização da tela. Também foi necessário criar ícones para as imagens dos *screenshots* dos usuários, só exibindo em tamanho real a imagem principal, que é a imagem que o usuário tem real interesse em visualizar. Essa segunda adaptação também foi realizada para reduzir o tempo de renderização da tela, apresentando bons resultados;

- A aplicação do conteúdo da disciplina de Arquitetura de Computadores trouxe uma dificuldade extra, pois inicialmente o material didático e o Laboratório Virtual foram inicialmente preparados para a disciplina de Circuitos Integrados Digitais e Fundamentos de Projetos VLSI. No entanto, essa dificuldade também demonstrou que a ferramenta pode ser utilizada para o ensino de outras disciplinas, desde que seja preparado conteúdo para tal disciplina e configuradas as ferramentas que serão acessadas remotamente pelos alunos, que foi o que ocorreu neste experimento.

Referências

- [1] ABINNE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. <http://www.abinee.org.br/>
- [2] Bonnaud, O. (2001). “Microelectronics Technology Course for a Virtual Campus”, International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training. <http://www.eecs.kumamoto-u.ac.jp/ITHET01/proc/083.pdf>, Janeiro (2011).
- [3] Bouldin D. W. and Srivastava R. R. (2004). An Open System-On-Chip Platform For Education. European Workshop on Microelectronics Education (EWME). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.77.4567&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Castells, M. “A Sociedade em Rede”, 5ª Edição, Editora Paz e Terra S.A – São Paulo – 2001.
- [5] Ekekwe, N and Ekenedu, C. (2008). “Internet Virtual Classrooms and Labs: Opportunities for Microelectronics Education in Developing Nations”. 7th European Workshop on Microelectronics Education. <http://www.eda-publishing.org/ewme2008/htmls/pdfs/P304.pdf>
- [6] Forte C., Santin R., Oliveira F. C., Kirner C.. Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância. 5o. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA – 2008.
- [7] Gouveia, L., Camacho, M. Criação de Espaços de Informação Interactivos – Ambiente de aprendizagem para a cadeia de “Sistemas de Informação”. III Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo, 1998. http://www.ufp.pt/staf/lmbg/com/pdfs/simp98_e-sp-info.pdf
- [8] Ma, H., Jing, X. "A P2P-based collaborative framework for virtual laboratory," Future Computer and Communication (ICFCC), 2010 2nd International Conference on , vol.1, no., pp.V1-272-V1-276, 21-24 May 2010 doi: 10.1109/ICFCC.2010.5497788
- [9] Lim D., Neely C. E., Zuber C. K., Lockwood J. W. (2003). Internet-based Tool for System-on-Chip Integration. 2003 IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.15.621&rep=rep1&type=pdf>
- [10] LIP6 – Departement Architecture des Systemes Intégrés et Micro-electonique. <http://www-asim.lip6.fr/recherche/alliance>. Acesso em março de 2012
- [11] Mercer L., Prusinkiewicz P. e Hanan J. “The Virtual Laboratory Environment”. 1999. <http://algorithmicbotany.org/vlab/>
- [12] Mohtar, A.; Nedic, Z.; Machotka, J.; , "A remote laboratory for microelectronics fabrication," Frontiers in Education Conference, 2008. FIE 2008. 38th Annual , vol., no., pp.S2F-7-S2F-12, 22-25 Oct. 2008 doi: 10.1109/FIE.2008.4720477
- [13] Trentin, M. A. S., Pérez, C. A. S., Santos, A. V.. ”A Utilização de Laboratórios Virtuais na Melhoria do Processo de Ensino-Aprendizagem”. Workshop de Informática na Escola (WIE). Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Florianópolis, 2002.
- [14] Viera S., L’ubica S., Matuš P., Samuel B., Michal B., František V., Martin Ž., Juraj H. (2008). “Virtual tour in Integrated Circuits Design Laboratory”, 7th European Workshop on Microelectronic Education (EWME), 2008.
- [15] Zubia, J. G. and Ângulo, I. and Hernández, U. and Orduña, P. (2008). “Plug&Play Remote Lab for Microcontrollers: WebLab-DEUSTO-PIC”, 7th European Workshop on Microelectronics Education (EWME), 2008.