

## **LVR – Laboratório Virtual de Redes**

### **Protótipo para Auxílio ao Aprendizado em Disciplinas de Redes de Computadores**

#### **1. Introdução**

Os sistemas de RV permitem aos usuários imersão, envolvimento e interação em ambientes sintéticos tridimensionais gerados por computador [Burdea 1996]. Estas facilidades permitem a criação de interfaces de usuário mais interativas e eficientes [Kirner 2003]. Sistemas de ensino apoiados por tecnologia de RV proporcionam aos usuários um meio de comunicação com interação real apoiada por um ambiente virtual.

De forma geral é notada uma tendência entre os pesquisadores da RV, onde estes concordam que ela pode auxiliar bastante no processo de ensino/aprendizado [Byrne 2004] [Ainge 2004], podendo assim, ser usada como ferramenta auxiliar no processo de desenvolvimento cognitivo [Hassan 2003]. Algumas pesquisas estão mais direcionadas a busca das formas como a RV pode auxiliar na educação, como este processo pode ser avaliado, quais as possíveis vantagens e desvantagens, assim como quais são os seus custos [Emerson 2004] [Bell e Fogler 2004]. Aplicações específicas do ensino auxiliado pela RV estão relacionadas ao ensino a distância, onde uma aplicação de aula virtual poderia ser implementada dando aos seus integrantes um virtual acesso uns aos outros, como se estivessem em uma sala de aula real [Pinho 1996].

O aprendizado das redes de computadores e conectividade é definido por um esquema de assimilação do conhecimento compreendido de duas fases: a) Apresentação dos conceitos relacionados ao embasamento teórico; b) Prática continuada através do uso de estrutura de laboratório [Cantu 2004]. Problemas relacionados ao ensino/aprendizado das redes de computadores estão focados na pouca disponibilidade de material didático e de equipamentos adequados para prática [Cantu 2004]. Estes fatores estão relacionados ao rápido avanço tecnológico da área e ao alto custo de manutenção de laboratórios [Castells 1999]. A prática e treinamento continuado são essenciais ao processo de assimilação dos conceitos relacionados a redes de computadores, fazendo com que uma boa estrutura de laboratório seja fundamental para a formação do profissional. Estruturas que permitam treinamento continuado são bastante úteis, porém pouco comuns. Bons laboratórios apresentam um alto custo de implementação e nem sempre estão disponíveis.

A maior limitação dos sistemas de treinamento continuado em redes está relacionada à ligação de seus usuários a um único ambiente – o laboratório de prática de ensino. A proposta apresentada neste trabalho visa quebrar esta limitação através da definição de um sistema virtual de rede, de baixo custo, que pode interagir com outras redes virtuais e até com sistemas reais. Neste protótipo o usuário inicia o treinamento com o auxílio do professor e pode continuar a qualquer hora e local, bastando para isso um computador, que não precisa estar obrigatoriamente conectado a uma rede.

Este trabalho é embasado em conceitos sobre o uso de Realidade Virtual Desktop [Oh e Stverzlinger 2004] e suas aplicações no processo de ensino/aprendizado [Patrício et al 2004], mais especificamente nos conceitos de treinamento continuado e em paradigmas que envolvem a conexão de mundos virtuais com o mundo real [Almendra 2005]. A seguir serão apresentados o projeto do LVR, os resultados encontrados e finalmente as conclusões.

## 2. Projeto do LVR

O Laboratório Virtual de Redes, LVR, é um protótipo de aplicação que permite, através de uma Interface Gráfica de Usuário, GUI, a configuração e testes em uma rede virtual de computadores. São usadas características da RV para que seus usuários tenham visão completa dos componentes envolvidos com um laboratório real de redes. O LVR tem como objetivo principal disponibilizar uma estrutura que permita ao usuário interagir com este ambiente para manter treinamento continuado em configuração e testes de redes TCP/IP, contribuindo assim, com o processo de ensino/aprendizado nesta área.

### 2.1. Projeto Modular do Sistema

A arquitetura do protótipo, quanto aos seus componentes funcionais, é composta por uma GUI, um Ambiente Virtual 3D e um Módulo de Configuração e Testes de redes; sendo estes percebidos pelo usuário. Além destes, ressaltamos a existência de uma Interface com Redes Reais, e o arquivo de configuração como apresentado na figura 1.

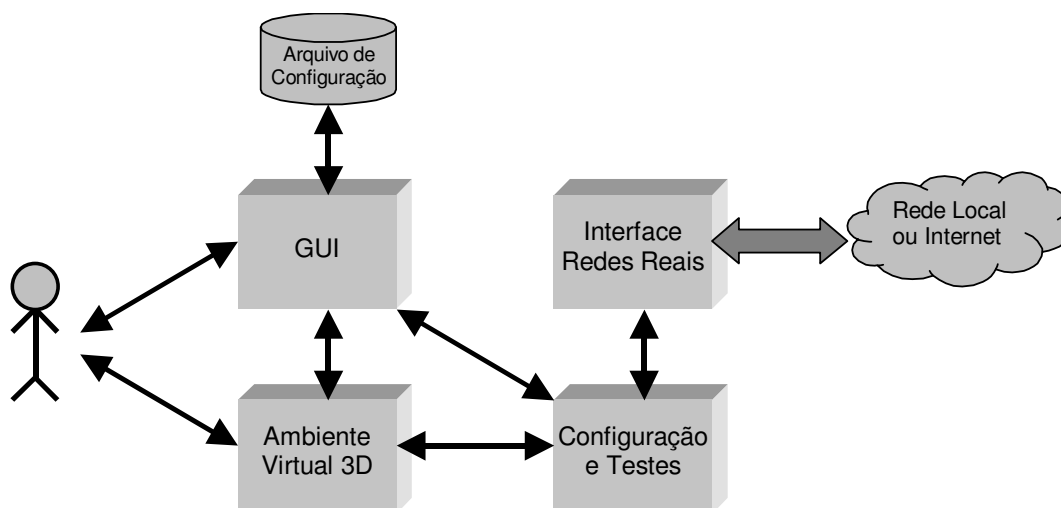


Figura 1 – Módulos do LVR

A GUI permite acesso às principais funcionalidades do protótipo através de um esquema de menus, pelos quais, o usuário poderá armazenar e recuperar as informações pertinentes ao treinamento continuado, assim como, poderá acessar também todo ambiente de configuração e testes dos componentes do LVR. Com o objetivo de tornar mais real a interação com o ambiente de configuração e testes do LVR, foi definido um Ambiente Virtual 3D que imita a estrutura física do laboratório real. Os ambientes virtuais usam computação gráfica interativa, normalmente tridimensional, que leva o usuário a ter a ilusão de estar numa realidade artificial [Burdea 1996]. Esta realidade artificial é muito útil no desenvolvimento do processo cognitivo de ensino/aprendizado.

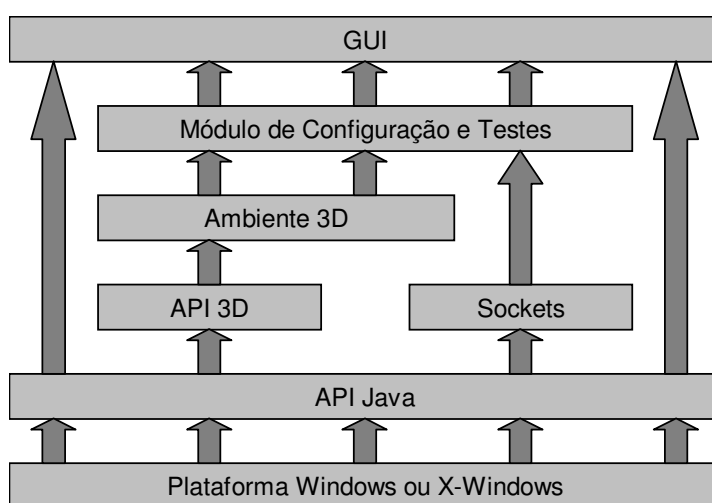
O Módulo de Configuração e Testes disponibiliza interface para configuração do protocolo TCP/IP dos hosts do LVR, permitindo a criação, segmentação e interligação das sub-redes definidas no laboratório virtual. Após, ou durante o processo de configuração, é permitida a execução de testes de conectividades entre os micros de uma sub-rede, e até entre micros de sub-redes, reais e/ou virtuais, diferentes. A Interface com Redes Reais permite a comunicação dos micros e/ou das sub-redes do LVR com a rede do computador que executa o protótipo. Esta comunicação também é disponibilizada para qualquer host na Internet, bastando que haja conectividade do

computador do protótipo com esta rede. Esta funcionalidade permite que o usuário tenha uma visão mais real do processo de configuração e testes da rede virtual, contribuindo mais ainda com o processo de ensino/aprendizado.

O arquivo de configuração é usado para salvar as configurações do ambiente definido pelo usuário, permitindo a futura recuperação destas e assim contribuindo decisivamente com o processo de treinamento continuado.

## 2.2. Arquitetura do Software

A arquitetura do sistema é observada através de um conjunto de bibliotecas e APIs da linguagem Java que permitem a interação eficiente, entre os componentes ligados diretamente ao usuário, como a GUI, assim como com os componentes que agem de forma transparente ao usuário, como a estrutura de Socket.



**Figura 2 – Arquitetura do Software**

A figura 2 apresenta a arquitetura do sistema onde se pode observar a construção desta a partir da plataforma Windows, ou X-Windows, e da API Java. A representação geométrica básica inclui operações em modelos geométricos, como rotações e translações; que são implementadas usando a API Java 3D, que executa automaticamente todo e qualquer cálculo necessário a estas tarefas.

O processo de conexão do LVR com redes reais é totalmente implementado usando Sockets. Os Sockets são implementados através da Arquitetura Cliente/Servidor de comunicação, onde clientes implementados no LVR, em conjunto com as informações obtidas no módulo de Configuração e Testes, se comunicam com servidores e serviços disponibilizados na rede local a que o protótipo está conectado, e com a Internet.

## 2.3. Implementação Computacional

O LVR é totalmente desenvolvido em linguagem Java e suas APIs. Para a modelagem e animação do ambiente tridimensional é usada a *API Java 3D* [Sun 2004] e para a construção da GUI o *Swing* [Deitel e Deitel 2003]. Na conectividade dos micros do ambiente virtual com redes reais é usada a funcionalidade Java para interação com redes TCP/IP, através de um esquema conhecido como Sockets, implementando um método semelhante ao do Network Address Translator, NAT [Egevang e Francis 1994], o que

permite a conexão da rede virtual com redes reais, usando apenas o endereço de rede do computador que executa o protótipo.

### 3. Resultados

Para a estrutura física de conexão, arquitetura e topologia dos hosts do LVR optou-se por deixar, nesta primeira versão, em aberto; fazendo com que a rede possa pertencer a uma arquitetura qualquer, como Ethernet ou Token Ring, de estrutura com ou sem fio. Para estrutura lógica optou-se pelo protocolo TCP/IP, que é padrão para a Internet, que mesmo não sendo um padrão de fato, está se tornando, ou já é, um padrão de direito. Outro fator a ser citado é quanto a ligação dos hosts a rede, onde todos estão conectados a uma mesma rede física. Entretanto, devido a características do TCP/IP, e da maioria dos protocolos de comunicação, mesmo que todos os hosts estejam ligados a uma única rede física, estes podem pertencer a redes lógicas diferentes, fazendo com que um único ambiente físico possa conter um ou mais ambientes lógicos.

#### 3.1. O Ambiente Virtual

O ambiente do LVR é uma reprodução da estrutura real de um dos laboratórios de informática da UFPA, mais especificamente o laboratório do curso de Sistemas de Informação do Campus de Santarém, como mostra a figura 3. O Laboratório conta com 16 computadores conectados por uma switch. Assim como a switch, o roteador que permite o acesso a Internet está em outra sala, porém é configurado remotamente pelo LVR. O roteador é composto de cinco interfaces, 4 ligadas a rede virtual e 1 ligada à rede real, o que permite a conexão com hosts conectado a ela, ou a Internet.



Figura 3 – A Rede Virtual



Figura 4 – Texturas do Ambiente Virtual



Figura 5 – Detalhe Obtido com a Navegação

Para tornar o ambiente virtual o mais próximo possível do real, são usados recursos do ambiente real na composição de partes dos objetos do ambiente virtual, como é mostrado na figura 4, que usa fotografias como texturas do ambiente real para o fundo do micro, frente do condicionador de ar e revestimento da bancada.

A interface de navegação permite movimentação no interior do ambiente virtual, assim como, observação dos seus componentes em qualquer ângulo de visão, como

mostra a figura 5. Funções de navegabilidade foram implementadas usando setas do teclado para movimentação pelo ambiente, e mouse para mudanças de ângulo de visão.

As principais funcionalidades do LVR estão relacionadas à configuração e testes de conectividade. A GUI integra estas funcionalidades ao ambiente virtual, dando uma visão mais realista do ambiente, sem que haja necessidade de aquisição de dispositivos de entrada e saída não convencionais e dispendiosos, como capacete HMD e luvas; ou seja, o sistema usa as vantagens de ser RV Desktop [Li e Khoo 2003].

### 3.2. Interface Gráfica de Usuário

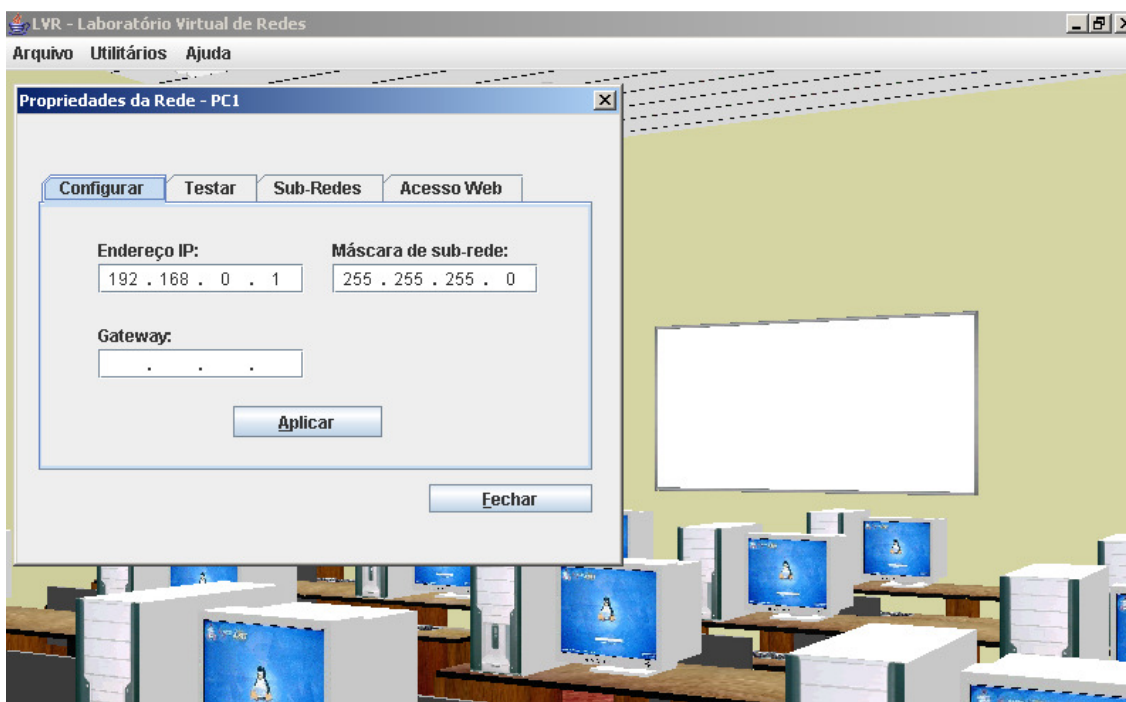


Figura 6 – Visão Geral da GUI

O LVR simula uma rede real, na qual todos os hosts (computadores e roteador) poderão ser configurados e testados como se nela estivessem. O software aceita como usuários: alunos e professores, não havendo distinção. O usuário poderá usar uma configuração pré-existente ou uma nova; podendo fazer suas modificações, testes e, se necessário, salvar sua configuração. A GUI é composta por menus, com as opções do sistema, e de uma área de trabalho, que mostra o ambiente virtual e onde são sobrepostas a este, as janelas do módulo de configuração e testes. Como mostra a figura 6.



Figura 7 – Menu Arquivo



Figura 8 – Menu Utilitários

Usa-se o menu **Arquivo**, exibido na figura 7, para: na opção **Salvar**, gravar em um arquivo a configuração atual dos hosts do LVR; na opção **Abrir**, permitir que uma configuração gravada seja recuperada de acordo com a conveniência do usuário; na opção **Novo**, iniciar uma nova configuração de ambiente, desistindo de qualquer configuração anterior. O menu **Utilitários** permite que as configurações dos hosts do LVR sejam acessadas, como mostra a figura 8.

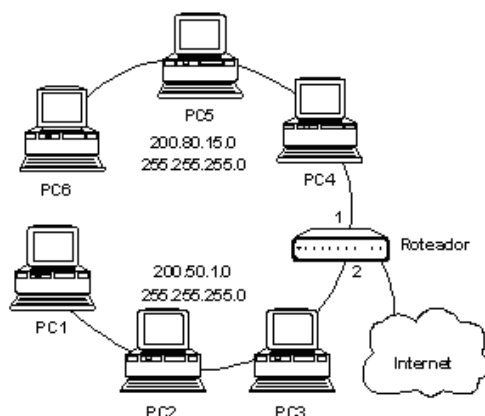
### 3.3. Simulação de Uso

Como já citado anteriormente, esta versão do LVR simula hosts Internet usando o protocolo TCP/IP. Exercícios de configuração de sub-redes e interligação destas a Internet são atividades facilmente implementadas neste ambiente. Pode-se ressaltar que esta atividade é muito importante, porém pouco aplicada em laboratórios reais já que apresenta algumas dificuldades de implementação. Estas dificuldades resultam principalmente da necessidade de nova configuração de equipamentos e da respectiva restituição da configuração original ao término do treinamento.

Para configuração e testes do LVR, com todas as suas funcionalidades, é necessário executar o software em um computador conectado a Internet que tenha instalado o ambiente Java de programação, inclusive sua API e máquina virtual Java 3D. Por padrão, todos os hosts estão ligados a uma única rede TCP/IP, identificada por 192.168.0.0, com máscara 255.255.255.0. São 20 interfaces de rede (16 nos micros e 4 no roteador). A configuração padrão não atribui endereço de Gateway para os hosts. Não existe, inicialmente, comunicação destes com hosts em outras redes.

#### 3.3.1. Apresentação da Rede Simulada

Nesta simulação são criadas duas sub-redes – 200.50.1.0 e 200.80.15.0 com máscaras 255.255.255.0, ligadas a Internet, de forma que o esquema final se assemelhe ao da figura 9. Cada sub-rede é composta por um sub-conjunto dos PCs do Ambiente Virtual.



**Figura 9 – Topologia da Rede Simulada**

A rede apresentada usa os próprios números de identificação dos PCs do LVR na composição do endereço de cada um dos hosts em cada sub-rede TCP/IP, onde a tabela 1 apresenta a configuração para cada interface de rede envolvida.

**Tabela 1 – Configuração das Interfaces dos PCs**

<b>Micro</b>	<b>Endereço IP</b>	<b>Máscara</b>	<b>Gateway</b>
PC1	200.50.1.1	255.255.255.0	200.50.1.254
PC2	200.50.1.2	255.255.255.0	200.50.1.254

PC3	200.50.1.3	255.255.255.0	200.50.1.254
PC4	200.80.15.4	255.255.255.0	200.80.15.254
PC5	200.80.15.5	255.255.255.0	200.80.15.254
PC6	200.80.15.6	255.255.255.0	200.80.15.254

Para configuração do Roteador, que será o Gateway das sub-redes, serão usadas suas interfaces 1 e 2, com endereços 200.50.1.254 e 200.80.15.254, respectivamente. Observa-se que: a) As máscaras de redes nos PCs e no roteador serão 255.255.255.0 – máscaras padrão para redes IP classe C; b) Foram selecionados os últimos endereços de cada sub-rede para os roteadores; c) Não é necessária a configuração da interface de comunicação com a internet, pois o LVR usa esta para comunicação com redes reais.

### 3.3.2. A Simulação

A configuração da sub-rede **200.50.1.0**, composta pelos PCs 1, 2 e 3, é feita acessado o menu **Utilitários** e selecionando **PC1**, onde aparecerá a janela de propriedades do micro, com um menu com quatro itens, como mostra a figura 10. Na guia **Configurar** digita-se o endereço IP (**200.50.1.1**) e a máscara (**255.255.255.0**). Repetindo este processo para **PC2** e **PC3**, será criada a sub-rede **200.50.1.0**.

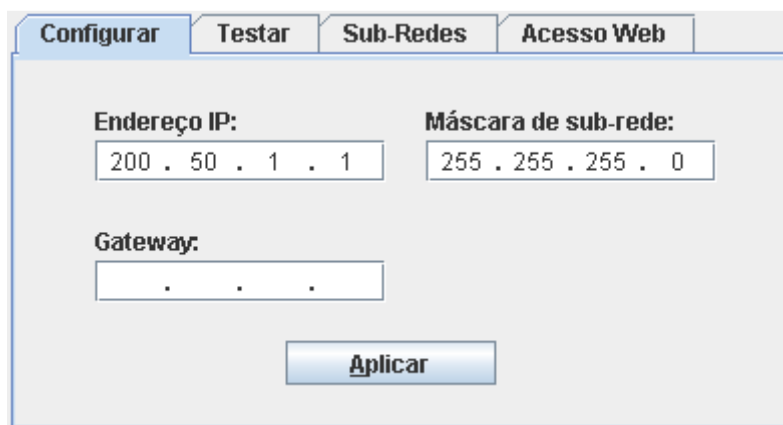


Figura 10 – Guia de Configuração

A figura 11 mostra como se pode testar a configuração usando a guia **Testar** para inserir um endereço destino. No painel aparecerão as informações sobre acessibilidade ao host especificado. Neste momento ainda não existe possibilidade de comunicação com equipamentos fora da sub-rede especificada.

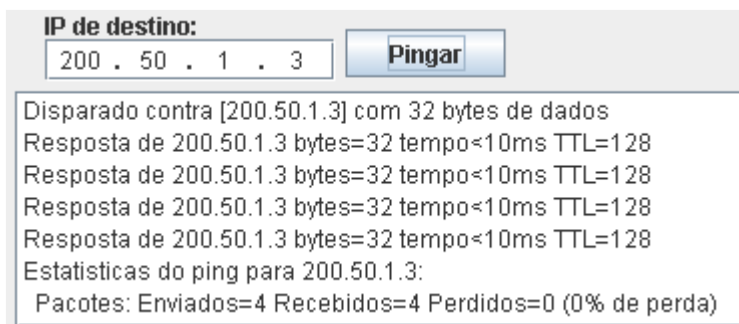
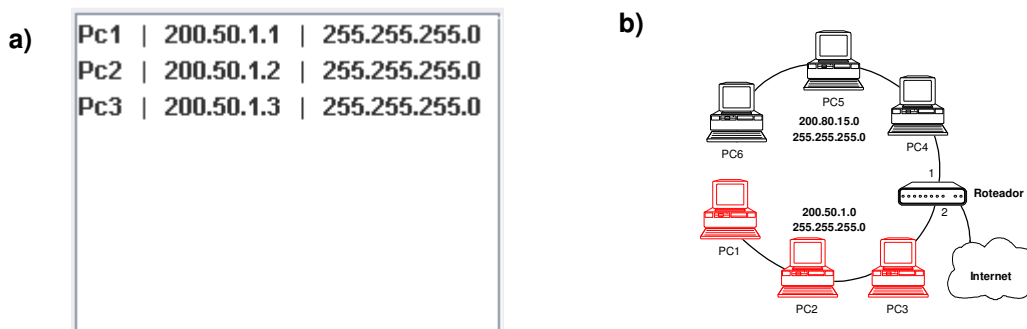


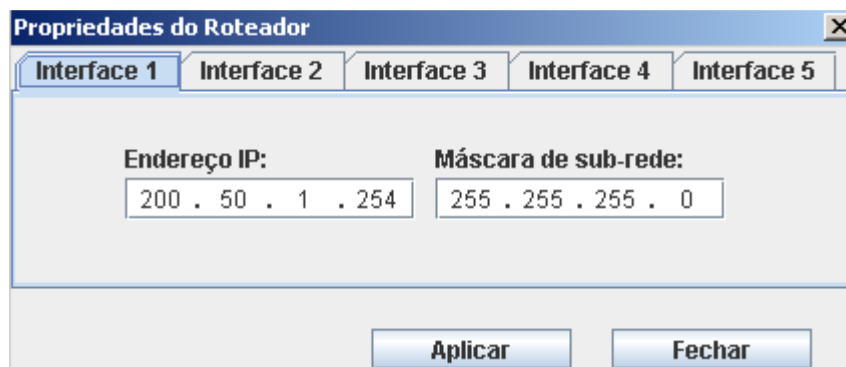
Figura 11 – Guia de Teste de Conectividade

Outra forma de verificar qual PC pertence a uma sub-rede é selecionar as propriedades do host. Na guia **Sub-Redes**, é exibida a configuração dos hosts da sub-rede do PC selecionado, como mostra a figura 12a. Observa-se na figura 12b a construção do Ambiente Virtual relacionado a uma sub-rede apresentada na figura 9.



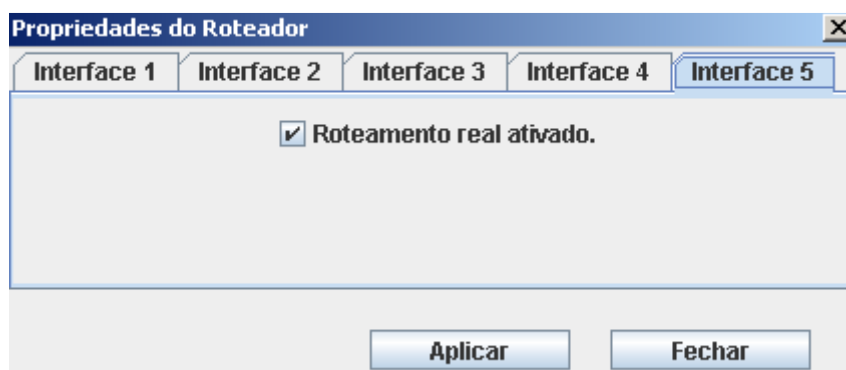
**Figura 12 – Guia de Locais de Rede e Ambiente Virtual**

Para configurar e testar a rede **200.80.15.0** os passos anteriores devem ser executados para **PC4**, **PC5** e **PC6**. Porém, os PCs desta sub-rede ainda não possuem conectividade com os configurados anteriormente. Para concretizar esta conectividade é necessário selecionar **Roteador** no menu **Utilitários**, onde irá aparecer a janela de propriedades, com suas cinco guias, uma para cada interface, como mostra a figura 13.



**Figura 13 – Janela de Configuração do Roteador**

Para as interfaces **1** e **2** deve-se inserir os endereços **200.50.1.254** e **200.80.15.254**, respectivamente, com máscara **255.255.255.0**. Inserindo assim as interfaces do roteador nas sub-redes especificadas. Deve-se ainda, para os PCs na rede **200.50.1.0**, configurar a opção de gateway para **200.50.1.254**. Para a rede **200.80.15.0** o gateway é **200.80.15.254**.



**Figura 14 – Configurando Roteamento Externo**

Nos testes de conectividade entre sub-redes diferentes é necessário selecionar a propriedade de um dos PCs configurados, definir na guia **Testar** um novo endereço para conexão e executar os testes como descrito anteriormente. Para fazer a conexão com hosts na Internet é necessário configurar o roteador para executar encaminhamento



externo, selecionando **Roteador** no menu **Utilitários**, e na guia da interface **5**, habilitar a opção de roteamento real, que já é habilitada por padrão, como mostra a figura 14.

Outra forma de testar a configuração do LVR é selecionar um PC qualquer, e na guia **Browser** digitar o endereço do site desejado. Caso esteja ativo, será exibido no painel o site selecionado, porém com as opções de navegação desabilitadas, já que o LVR não se comporta como um navegador Internet, como mostra a figura 15.



**Figura 15 – Acessando um Site Internet**

#### **4. Conclusão**

O LVR se apresenta como uma ferramenta útil para o processo de treinamento continuado. Ele já está sendo usado em disciplinas de Redes de Computadores, assim como em cursos e treinamentos de redes TCP/IP, melhorando a qualidade e confiabilidade do esquema de ensino/aprendizado usado. Os alunos que participam dos cursos e treinamentos apresentaram muita receptividade ao ambiente, principalmente devido à possibilidade de “levar o Laboratório para casa”.

Para melhoramentos futuros o LVR deverá passar por um processo de avaliação criteriosa, assim como deverá ser exaustivamente testado por professores e alunos, através do uso mais freqüente em disciplinas e cursos.

Outros melhoramentos definidos para as próximas versões do LVR estão relacionados a melhores esquemas de navegação interna, detecção de colisão, processamento cooperado e distribuído, avatares representando usuários no ambiente virtual, e seleção direta (no ambiente virtual) de hosts para configuração e testes.

A idéia de interligação de mundos virtuais com mundos reais é muito útil no processo de treinamento continuado, principalmente em eventos onde equipamentos de alto custo estejam em locais distantes do treinando.

#### **Referências**

- Ainge, D. (2004). "Virtual Reality in Australia - V.R. in the Schools", vol. 1, jun 1995. <http://eastnet.educ.ecm.edu/vr/vr1n1a.txt>. Janeiro.
- Almendra, Camilo. (2005). “Administração remota de ambientes virtuais em rede para integração com sistemas de gerenciamento de aprendizado”. <http://www.crab.ufc.br/crab/data/publications/83.pdf>. Janeiro.

- Bell, J. e Fogler, H. S. (2004). "The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool". <http://www.engin.umich.edu/labs/vrichel/aseepap2.htm>. Março.
- Burdea, Grigore C. (1996). "Force and Touch Feedback for virtual reality". Ed. Wiley Professional Computing.
- Byrne, C. (2004). "Virtual Reality and Education". <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-6>. Março.
- Cantu, E. (2004). "Redes de Computadores: Abordagem de ensino-aprendizagem apoiada em temas geradores". Qualificação de Doutorado. PPGEP-UFSC. <http://www.etfcs-sc.rct-sc.br/~cantu/Qualificacao.ps>. Abril.
- Castells, Manuel. (1999) "A Sociedade em Rede, Capítulo 1 - A Revolução da Tecnologia da Informação". Paz e Terra, São Paulo, 2 edição.
- Deitel, H. M.; Deitel, P. J. (2003) "JAVA como Programar". Editora Bookman, 4 edição.
- Egevang, K; Francis, P. (1994) "The IP Network Address Translator". RFC 1631.
- Emerson, T. (2004). "Virtual Reality Technology Selected Citations on Education and Training Applications". [http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/edvr](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/edvr). Março.
- Patrício, Eder T.; Ribeiro Filho, Manoel; Sousa, Marcos A. de; Silva, Orlando F. (2004) "Experimento de Controle Colaborativo em Ambiente Virtual Tridimensional". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Manaus.
- Hassan, Elizangela B. (2003). "VIRTUALNET - Laboratório Virtual 3D de Redes de Computadores". PPGC-UFRGS - Dissertação de Mestrado. Porto Alegre.
- Kirner, Claudio. (2003). "Sistemas de Realidade Virtual". [http://www.dc.ufscar.br/\\_grv/tutrv/tutrv.htm](http://www.dc.ufscar.br/_grv/tutrv/tutrv.htm), Outubro.
- Li, J. R.; Khoo, L. P.; Tor, S. B. (2003) "Desktop virtual reality for maintenance training: an object oriented prototype system (V-REALISM)". Computers in Industry - ELSEVIER, pag. 109-125.
- Oh, Ji-Young e Stverzlinger, Wolfgang. (2004) "A system for desktop conceptual 3D design". Virtual Reality. Springer-Verlag London Limited, pag 198-211.
- Pinho, M. S. (1996). "Realidade Virtual como ferramenta de informática na educação". In: Simpósio Brasileiro de Informática na educação - SBIE. Belo Horizonte.
- Sun Microsystems. (2004) "Java 3D API Tutorial". <http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/java3d/>. Outubro.