

# ***Comparação de tráfego entre interfaces 802.3 e 802.11 utilizando pré-execução para acesso a servidor de terminais através do uso de computadores obsoletos***

*Traffic comparison between interfaces 802.3 and 802.11 using pre-execution for access to terminal server through the use of obsolete computers*

Allan Francisco Forzza Amaral\*

Jean Eduardo Glazar\*\*

Arthur Bof Demuner\*\*\*

Os computadores doados através dos programas de reciclagem de lixo eletrônico podem ser reaproveitados com o uso do *Linux Terminal Server Project* (LTSP). Em interfaces com fio, 802.3, este modelo é viável e funcional, mas nem sempre é possível o uso da planta de cabeamento. Uma alternativa é o uso de redes sem fio, 802.11, sobre LTSP. Os parâmetros de uso de redes sem fio sobre LTSP não são conhecidos. Este artigo mostra um estudo comparativo entre interfaces com fio e sem fio usando terminais para acesso ao serviço LTSP. Os resultados mostram configurações viáveis para ambos os tipos de rede, como uso da banda de rede, uso da capacidade de processamento e memória do servidor e um quadro de comparação da utilização tanto em redes com fio quanto em redes sem fio.

*Computers donated through programs of e-waste recycling can be reused with use of LTSP (Linux Terminal Server Project). In wired interfaces 802.3, this model is viable and functional, but it not always possible to use cable plant. An alternative strategy is the use of wireless networks 802.11 on LTSP. Parameters for using wireless networks on LTSP are not known. This article shows a comparative study between wire and wireless interfaces using terminals to access the LTSP service. Results show configurations possible for both types of network. These data show settings such as network bandwidth usage, use of processing capacity and memory of the server, as well as a comparison chart using both wired and in wireless networks.*

Palavras-chave: Computadores Obsoletos. LTSP. Redes sem fio.

Key words: Obsolete computers. LTSP. Wireless network

## ***Introdução***

A utilização de computadores reciclados ou obsoletos, provenientes do programa de recolhimento de lixo eletrônico *Renovatech* (programa municipal de Colatina/ES para reaproveitamento de computadores obsoletos, partes e peças) requer investimentos significativos na seleção, montagem, triagem, manutenção, instalação e incorporação do equipamento a uma infraestrutura de rede que forneça serviços ao usuário, como a internet. Conforme explica Balneaves et al. (2009), o LTSP é uma tecnologia chave

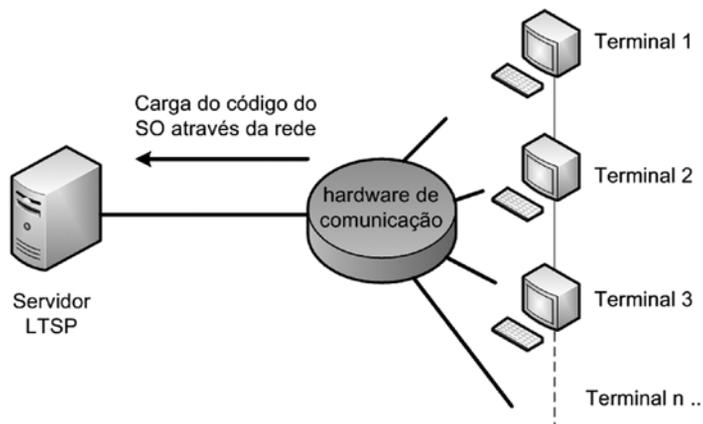
\* Especialista em Informática Educativa – Ferlagos. Coordenadoria da Área de Informática/ IFES Campus Colatina/ES - Brasil

\*\* Mestre em Engenharia de Produção (Pesquisa Operacional) pela COPPE/UFRJ (2000). Coordenadoria da Área de Informática/ IFES Campus Colatina/ES - Brasil

\*\*\*Graduando em Tecnologia de Redes de Computadores - IFES/Campus Colatina - Brasil

presente no sistema operacional Linux, que permite aos terminais carregar o código do sistema através de um servidor rodando LTSP. Ele ainda continua explicando que o fato de se necessitar de baixa configuração de *hardware* nos terminais, reduzindo custos de administração e manutenção, é ideal para ambientes educacionais. A Figura 1 mostra o esquema de carga do código do sistema operacional através do uso de uma rede de comunicação simples, formada por um concentrador de rede, que pode ser um *hub*, *switch* ou ponto de acesso, um servidor rodando o serviço LTSP e os terminais fazendo a comunicação com o servidor para baixarem o código do sistema operacional.

Figura 1- estrutura básica do LTSP



Fonte: Os autores

Para a administração pública, notadamente a municipal, devido ao grande número de cidadãos atendidos, o custo elevado muitas vezes impede que esses tipos de computadores sejam implementados com a devida dimensão para que toda a comunidade seja atendida de maneira ideal. O uso de redes sem fio nesta situação é uma alternativa, uma vez que torna a instalação mais rápida, prática e com menores custos. Este projeto propõe o desenvolvimento de uma metodologia que permita a comparação entre o uso de computadores de baixo custo em redes que utilizam interfaces com fio, 802.3, e computadores que utilizam interfaces sem fio, 802.11, sejam os computadores novos, usados ou até mesmo obsoletos. Essa análise comparativa permite uma configuração de rede para que os usuários com computadores de baixo desempenho possam utilizar aplicativos com maior exigência de rede, processamento e memória no servidor. O desenvolvimento deste projeto propõe a utilização de um modelo de comunicação sem fio, não exige um projeto extenso de planta de cabeamento, facilita a instalação e a manutenção dos computadores distribuídos para as famílias de baixa renda ou os instala em ambientes públicos, como bibliotecas e pontos estratégicos definidos pela administração pública. Assim, existe viabilidade em virtude do reaproveitamento dos computadores obsoletos provenientes de doações de programas de recolhimento de lixo eletrônico. Os resultados impactam na possibilidade da redução de tempo, de custo da

implementação, manutenção, atualização e na melhoria da usabilidade dos computadores reciclados e/ou obsoletos distribuídos às famílias de baixa renda. Além dos aspectos relacionados ao custo, tempo e operação, a possibilidade de reaproveitamento de computadores obsoletos dá destino útil às doações de empresas privadas, de instituições públicas e da própria comunidade, diminuindo os riscos ambientais provenientes do descarte desses equipamentos, que são de difícil reciclagem e possuem significativo potencial de contaminação ambiental. Dados coletados em Cairns (2005) indicam que, num período de 20 anos, uma pessoa descartará aproximadamente 10 computadores, que serão substituídos por novos, sendo o descarte feito em lixo doméstico comum. Na pesquisa do descarte do lixo eletrônico, Kahhat (2008) informa que, só nos EUA, um dos maiores consumidores de produtos eletrônicos do mundo, os aterros possuem 24% do total em peso de todo o lixo eletrônico formado por TVs e computadores desktops e que, por esta razão, é necessário desenhar novas alternativas para reciclagem e reuso desses equipamentos. Observações interessantes e atuais obtidas em Chen e Yee (2011) mostram que o tempo de vida útil, em torno de 45%, é a segunda razão para descarte do equipamento. Outra informação ainda obtida em Chen e Yee (2011) é que o primeiro motivo de descarte, em torno de 48%, é o mau funcionamento do equipamento, uma vez que os custos relativos ao reparo ultrapassam os benefícios da aquisição de um novo e são, conseqüentemente, a terceira causa do descarte, em torno de 36%. Com tais observações, programas municipais de coleta de lixo eletrônico são importantes agentes para coleta de equipamentos defeituosos, já que depois da devida triagem, é possível incorporar muitos componentes em outros computadores, torná-los reutilizáveis e incorporá-los a redes com LTSP.

O objetivo geral deste artigo é propor um modelo de comparação de tráfego entre redes com interfaces 802.3 e 802.11, através de um ambiente de pré-execução, de modo a obter um ambiente em que computadores de baixo poder de processamento e obsoletos possam utilizar enlaces sem fio para fazer a carga do código do sistema operacional e estabelecer comunicação com o servidor.

Objetivos Específicos:

- a) Utilização de rede sem fio para comunicar-se com os servidores de terminais, evitando a necessidade de instalação de uma planta extensa de cabeamento na rede.
- b) Desenvolvimento de um modelo de comparação dos tráfegos provenientes das redes com interfaces com fio, 802.3, e sem fio, 802.11, utilizando script e/ou protocolo para acesso aos servidores de terminais.
- c) Propor um estudo de impacto dos tráfegos das conexões sem fio com os pontos de acesso utilizados para estabelecer comunicação de computadores de baixo custo e/ou reciclados com computadores servidores.
- d) Especificar requisitos mínimos da rede de comunicação de dados sem fio frente às demandas relacionadas ao número de terminais e aos aplicativos

- utilizados pelos usuários, bem como os requisitos recomendados dos recursos computacionais, como memória e processador;
- e) Configurar uma rede com computadores obsoletos e computadores com baixo recurso de processamento e memória para efetuar testes de eficiência na utilização de aplicativos executados remotamente no servidor.

## *Pesquisa Relacionada*

O uso de computadores em redes requer o uso de tecnologias já consolidadas e funcionais. As redes com fio e sem fio existem há muitos anos, e suas tecnologias estão em constante evolução, melhorando as taxas de transmissão e aumentando a produtividade dos usuários domésticos, comerciais e industriais. O LTSP, por sua vez, é uma tecnologia relativamente nova, que permite aos computadores com **hardware** limitados acessar os recursos disponíveis na rede, como servidores e aplicações. Abaixo estão descritas as principais tecnologias com as devidas características de cada uma.

### *Redes usando LTSP*

O LTSP é uma das tecnologias mais modernas presentes no sistema operacional Linux. Conforme explica Santos et al. (2012), o LTSP é um projeto desenvolvido em linguagem *python* e é distribuído sobre *General Public License* (GPL), sendo utilizado em computadores obsoletos ou com poucos recursos de **hardware**. A rede LTSP é baseada no uso de um computador central onde fica instalado o módulo servidor, que fornece os serviços de telas para os clientes por meio de uma rede interligada por equipamentos de comunicação.

O LTSP é baseado num conjunto de protocolos open source que permite a terminais remotos acessar o servidor por meio do protocolo *X Display Management Control Protocol* (XDMCP). Como diretiva de comunicação para carga remota do código do sistema operacional, chamada de pré-execução, a rede LTSP utiliza-se do mecanismo *Preboot eXecution Environment* (PXE), um protocolo desenvolvido pela Intel com o objetivo de fornecer um ambiente de pré-carga do sistema operacional por meio de uma rede local. De uma forma geral, o protocolo funciona quando o cliente inicializa o protocolo por meio da transmissão de um quadro *broadcast* chamando DHCPDISCOVERY. Conforme explica Comer (1998), na atribuição automática de endereço assume-se que há um *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) disponível, que envia ao cliente uma lista de servidores de *boot*. Um dos servidores selecionados envia um nome de um arquivo executável. Assim, o cliente faz o *download* por meio do protocolo *Trivial File Transfer Protocol* (TFTP) e finalmente executa a imagem.

No estágio atual, o LTSP pode ser largamente usado em bibliotecas, laboratórios

de informática, terminais em empresas e diversos outros locais que usam Linux como sistema operacional base. Novos trabalhos envolvendo LTSP têm sido desenvolvidos, principalmente aqueles que envolvem o uso de vários servidores LTSP agrupados como um *cluster*. Trabalhos como esses, em que foi desenvolvida *clusterização* de servidores LTSP aplicando-se técnicas de computação paralela, podem ser encontrados em Coutinho e Rodrigues (2011). Outros estudos com LTSP apontam para o uso de técnicas de virtualização que usam terminais obsoletos, conforme as pesquisas de Manvar, Mishra e Sahoo (2012).

### *Redes com fio, 802.3*

As redes locais surgiram da necessidade de os computadores das empresas trocarem arquivos e compartilhem recursos, como impressoras e discos. A rede 802.3 é uma denominação técnica de uma rede padronizada pelo *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE). Comercialmente, essa rede possui o apelido *ethernet* ou redes *ethernet*. Conforme explica Tanenbaum (2003), a história dessa rede surgiu no Havaí, na década de 1970, quando Norman Abramson e seus colegas estavam tentando conectar terminais a um computador central por meio de ondas curtas de rádio. O mecanismo de transmissão e acesso ao canal dessa rede denominava-se ALOHANET e funcionava bem em baixos tráfegos. Um estudante chamado Robert Metcalfe interessou-se pelo trabalho e decidiu passar o verão no Havaí trabalhando com Abramson. Usando seu conhecimento, juntamente com David Boggs, projetou e implementou a primeira rede local denominada de *ethernet*. Essa rede usava um cabo coaxial grosso com até 2,5 km de comprimento, usando 1 repetidor a cada 500 metros. O mecanismo de acesso ao meio físico passou a ser o *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD), um mecanismo melhorado do ALOHANET. Ainda segundo Tanenbaum (2003), a *ethernet* foi tão bem sucedida que a DEC, Intel e Xerox criaram um padrão para uma *ethernet* de 10 Mbps chamada de DIX. Mais tarde, com pequenas alterações, o padrão DIX se tornou o padrão IEEE 802.3 em 1983.

Com base na taxa de 10 Mbps, a rede *ethernet* foi diversas vezes reinventada, adicionando-se novos padrões da camada física e maiores taxas de transmissão. Spurgeon (2000) explica o fato de que na medida em que a quantidade de computadores ligados em rede crescia, os problemas inerentes à mídia original de cabo coaxial tornaram-se mais aparentes, sendo então concebido o sistema *ethernet* para cabos de par trançados, possibilitando aumentar as taxas de transmissões na casa de 1 Gbps. Em 1999, um grupo de padrões IEEE 802.3 realizou uma reunião para tratar de assuntos de taxas *ethernet* acima do padrão de 1 Gbps.

As redes ethernet estão evoluindo tanto nas taxas de transmissão como na área de alcance. Conforme explica Kloots e Olifer (2011), a tentativa de expansão para além dos limites das *Wide Area Network* (WANs), denominada de *carrier ethernet*, tem por objetivo conectar sites assim como são feitos nos protocolos de comunicação de longa

distância. Outros avanços demonstrados em dados experimentais por Oxenlowe et al (2011) indicam dados serializados a 1,28 Tbps em *ethernet* sobre fibra ótica. Atualmente, o padrão comercial de taxas em redes *ethernet* está na casa de 10 a 40 Gbps.

### *Redes sem fio, 802.11*

As redes sem fio tornaram-se um complemento fundamental para as redes locais (LAN). Elas não vieram com a intenção de substituí-las, mas para complementá-las, principalmente para atender necessidades de mobilidade, de instalação de redes provisórias e de cobertura de locais difíceis de alcançar com redes com fio. Para Stallings (2005), as redes sem fio reduzem os custos de instalação do cabeamento de LAN e facilitam os trabalhos de modificações das estruturas da rede.

Segundo Tanenbaum (2003), um padrão para LANs sem fio, usado na maioria dos sistemas e bastante difundido, chama-se IEEE 802.11. Normalmente, uma rede sem fio 802.11 está conectada a um *backbone ethernet* 802.3, onde estão localizados os servidores, as estações de trabalhos e alguns equipamentos concentradores, como hubs e switches. Comumente, para redes sem fio, há um módulo de controle muitas vezes denominado *Access Point* (AP), que são pontos de acesso que fornecem conexões de rede sem fio e de rede com fio. Uma de suas funções é agir como uma ponte, transformando quadros da rede 802.3 em quadros para rede 802.11 e vice-versa.

Na camada física, as redes sem fio operam de acordo com a tecnologia usada e as taxas que podem ser alcançadas. O padrão 802.11 de 1997 especifica uma rede 802.11 que transmite com taxas de 1 ou 2 Mbps. Com a evolução do padrão, foi estabelecida uma nova rede sem fio, denominada rede 802.11b, que transmite a, no máximo, 11 Mbps. O padrão continuou evoluindo, chegou a 54 Mbps, denominando-se rede 802.11a. Um versão melhorada do 802.11b, chamada rede 802.11g, foi aprovada pelo IEEE em 2011. Chegou a 54 Mbps, embora operasse na banda estreita de 2,4 GHz, que é a banda *Industrial, Scientific and Medical* (ISM), usada sem precisar de pedir licença de uso ao órgão regulamentador local.

Alguns fatores técnicos tornam as redes sem fio pouco confiáveis na entrega dos quadros. O mecanismo de acesso ao meio físico usado pelas redes 802.11 é o *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA/CA). Kurose e Ross (2006) explicam que a forma de acesso ao canal por redes sem fio usa o protocolo com prevenção de colisão (CSMA/CA), diferente do usado em redes com fio, que opta por detecção de colisão. Eles ainda complementam que, devido às altas taxas de erros de bits em canais sem fio, o protocolo usa um esquema de reconhecimento e retransmissão de cada quadro transmitido, causando atrasos típicos. Outro detalhe é que, com o uso da banda ISM, as redes sem fio tendem a ser ruidosas e pouco confiáveis. Tanenbaum (2003) explica que a probabilidade de um quadro trafegar por esta banda com sucesso diminui de acordo com o tamanho do quadro. Ele continua explicando que, sendo  $p$  a

probabilidade de ocorrer um erro em qualquer bit, a probabilidade de um quadro de  $n$  bits ser recebido de forma inteiramente correta é  $(1 - p)^n$ . Resumindo, se um quadro for longo demais ele terá pouca chance de chegar sem danos. Isso acarreta retransmissões excessivas e causa atrasos nas transmissões desse tipo de rede.

Atualmente, as redes sem fio estão evoluindo para o padrão 802.11n, com taxas máximas teóricas de 300 Mbps, utilizando-se de técnicas como o *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), técnica que utiliza várias antenas para captar dados como se fosse uma única.

### ***Metodologia proposta***

Para realizar as análises das interfaces é necessário montar cenários reais. Para isso, foram montadas redes de computadores que utilizam interfaces com fio e sem fio. Um método usado para compreender as características de uma rede é a análise de suas transmissões. Para realizar os estudos de comparações é necessário utilizar ferramentas para medir as características dessas redes, sejam elas com fio ou sem fio. Para realizar essa análise é necessário capturar os pacotes da rede e estudá-los. Segundo explica Sanders (2007), para melhor compreender e resolver problemas de rede é necessário ir ao nível do pacote, onde nada é escondido. Outra forma utilizada é a análise do uso da banda de rede que, ao contrário do estudo dos pacotes, mostra o comportamento da utilização da banda disponível pelos terminais e servidores.

Neste projeto, foram usadas essas duas formas para fazer o estudo: a análise dos pacotes transmitidos na rede e a análise do uso da banda. A análise dos pacotes transmitidos na rede necessita de uma captura desses pacotes, para posterior análise, por meio de programas específicos. O programa utilizado para a análise dos pacotes foi o *Wireshark*. A análise do uso da banda na rede foi realizada com o uso do monitor de sistema, já disponível na distribuição Linux utilizada. Para realizar as análises foi necessário montar redes diferentes e depois realizar as comparações.

O modelo de comparação proposto se baseia na análise de tráfego de dois tipos de rede: uma com fio, 802.3, e outra sem fio, 802.11. Para isso, foram montados dois cenários para cada tipo de rede, descritos pelo Quadro 1. O mesmo quadro contém dados sobre os cenários das redes montadas: o tipo de rede, a quantidade de terminais e a aplicação executada. O Quadro 2 especifica as configurações dos equipamentos envolvidos nos cenários.

**Quadro 1 – Cenários usados nos testes das aplicações e de rede**

<b>Tipo de Rede</b>	<b>Cenário</b>	<b>Terminais obsoletos</b>	<b>Servidor LTSP</b>	<b>Aplicação executada</b>
<b>I – Rede com fio</b>	(A)	10	1	Editor de texto e web
	(B)	6	1	Vídeo 640 x 452 a 24 fps
<b>II – Rede sem fio</b>	(A)	10	1	Editor de texto e web
	(B)	6	1	Vídeo 640 x 452 a 24 fps

## Quadro 2 – Especificações dos equipamentos

Servidor	Terminais	Rede
Processador: Intel® Core™2 Duo 2.8 GHz Memória: 2 GB DDR2 667 MHz Disco rígido: 160 GB Placa 802.3 Gigabit <i>ethernet</i> PCI Placa Wireless 802.11 ENCORE ENLGA-1320	Processador: Intel® Pentium® 4 2.4 GHz Memória: 256 MB Interface de vídeo integrada com 32 MB Placa de rede 10/100 802.3 integrada Placa Wireless 802.11 PCI TP-LINK TL-WN551G	Switch Gerenciável Planet WGSW-2840. Ponto de Acesso Wireless b/g 3COM 3CRWDR101A-75.

Os serviços necessários para o LTSP não são instalados no Linux por padrão, então foi necessário instalá-los e configurá-los. Também não há suporte oficial para interfaces de rede sem fio no LTSP, por isso, foi necessário configurar o ambiente por meio de scripts. Além disso, as interfaces de rede sem fio não permitem a carga do sistema pela rede de forma nativa, necessitando de um **software preboot** em uma mídia.

As escolhas das aplicações se basearam no uso de tarefas comuns por parte dos usuários. Nesse caso, o editor de texto do *OpenOffice* e um *browser*, que é o **software** usado para navegar nas páginas da *web*. O vídeo foi escolhido porque ele mantém o uso da banda da rede em toda sua reprodução, sendo possível medir e comparar os impactos nas redes ao utilizar aplicações desse tipo.

A análise dos pacotes é necessária para saber características detalhadas do tráfego, aquelas que não podem ser identificadas por meio de uma análise do uso de banda da rede. As características estudadas foram as retransmissões e a taxa de transferência, itens fundamentais para comparação dos tráfegos.

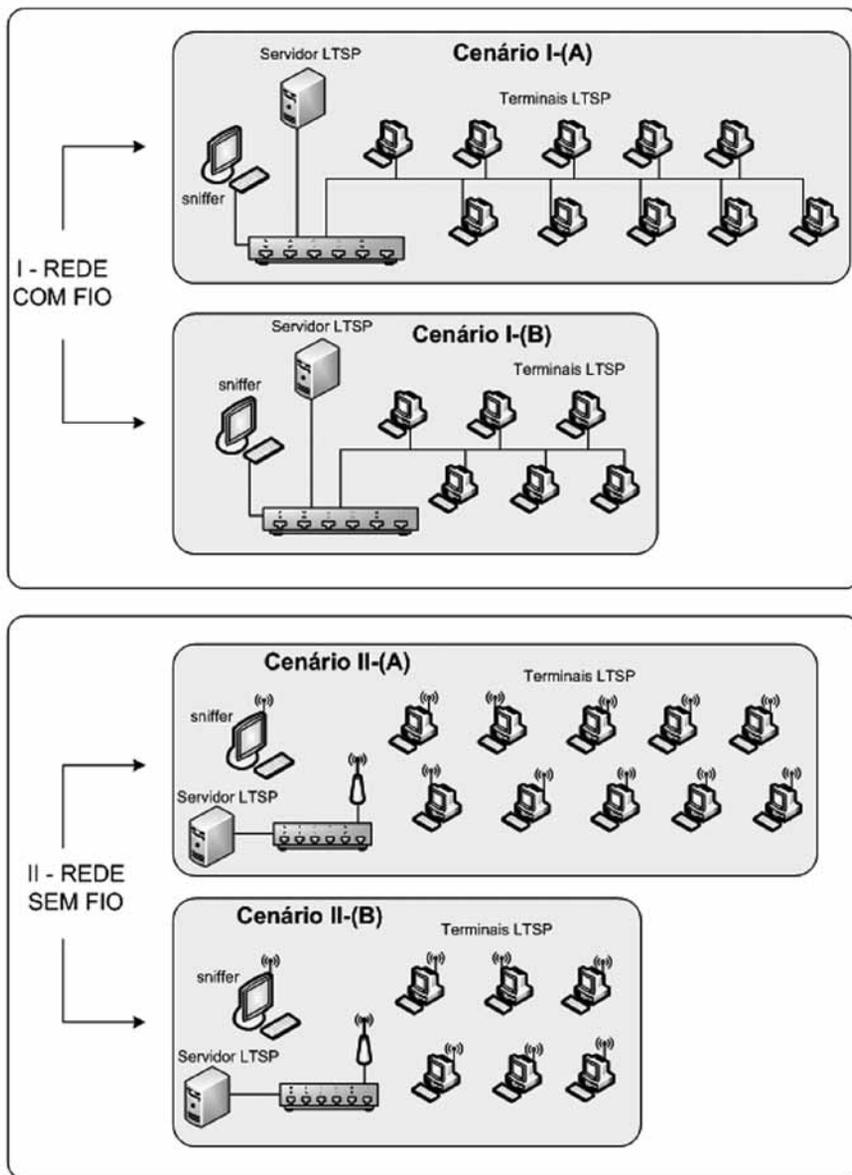
As retransmissões foram estudadas em todos os cenários, uma vez que elas aumentam o uso dos recursos da rede. A taxa de transferência foi estudada na rede sem fio, pois nesse tipo de rede há uma considerada variação, de acordo com os níveis de sinal e ruídos presentes no local. As taxas de transferência estudadas na rede com fio estão baseadas no uso da banda da rede medido com o uso do monitor do sistema.

O método de captura do tráfego na rede com fio baseou-se na utilização de um concentrador de rede gerenciável com uma porta espelho configurada. Com isso, foi possível conectar uma interface em modo promíscuo nessa porta para receber todos os pacotes da rede. Para redes sem fio, foi utilizada uma interface de rede configurada também no modo promíscuo. A Figura 2 representa os modelos dos cenários criados para os testes.

Ainda na Figura 2, podemos perceber a existência de 4 cenários. Nos dois primeiros cenários, os cenários I-(A) e I-(B), estão os computadores montados numa rede com fio. O cenário I-(A) possui 10 terminais e o cenário I-(B), 6 terminais. Em ambos os casos há um servidor LTSP e um computador configurado como *sniffer* de rede, capturando os pacotes transmitidos. Os cenários II-(A) e II-(B) possuem as

mesmas disposições, com a diferença de que se trata de uma rede sem fio.

Figura 2 - representação dos cenários para os testes



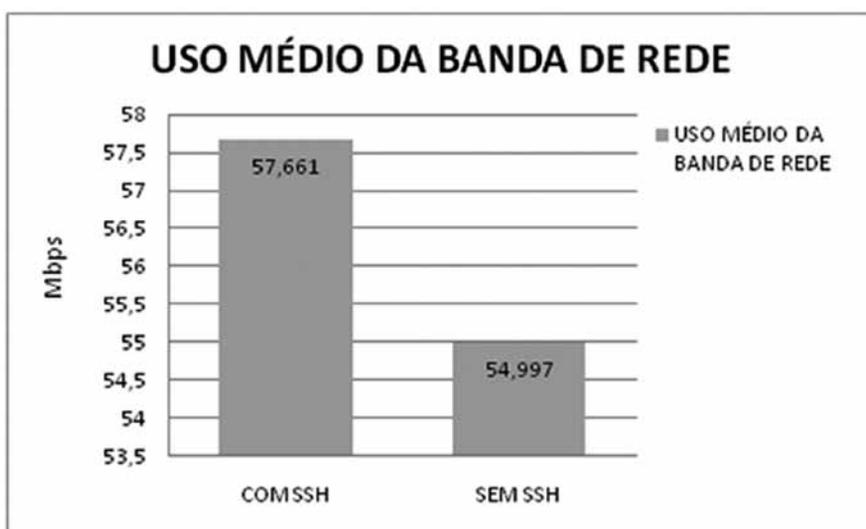
Fonte: os autores

### Análise geral do tráfego

Para efetuar a análise inicial do tráfego foi utilizado o analisador de protocolo *Wireshark*, um *sniffer* de rede, já com o cenário I-(B) montado e funcional. Este **software** foi escolhido por ter bibliografia disponível, ser um **software** livre e possuir versões para

Linux. O objetivo desta análise prévia é verificar o comportamento do tráfego de rede quando se usa aplicação LTSP. Após a captura e análise desses pacotes, verificou-se que o LTSP habilita o *Secure Shell* (SSH). O SSH é usado como mecanismo de segurança e, como consome recursos da rede, foi desabilitado para todos os cenários. O gráfico da Figura 3 mostra o uso médio de banda da rede em 57,661 Mbps com SSH e 54,997 sem SSH. Compreender os impactos dos protocolos no tráfego da rede é particularmente importante para uma análise comparativa entre as redes 802.3 e 802.11, uma vez que ambas possuem características distintas quanto ao uso da banda da rede. A segurança da rede, apesar de ser um ponto crítico, não foi explorada, constituindo tema para trabalhos futuros.

Figura 3 – uso médio da banda de rede pelo protocolo SSH



Fonte: os autores

### *Análise específica dos tráfegos nos cenários*

A compreensão das características específicas do tráfego de rede nos cenários apresentados trouxe resultados que permitem realizar comparações e delimitar a quantidade de terminais possíveis, bem como as especificidades das redes. Tal análise está baseada no uso de quatro ferramentas:

- o analisador de protocolo *wireshark*;
- o monitor do sistema, ferramenta já integrada ao servidor Linux;
- o *NetStumbler*, para verificar as condições do sinal em redes sem fio;
- a aplicação de um questionário respondido pelos alunos depois de submetidos a um roteiro de uso de ferramentas comuns.

A seguir, descreve-se a maneira como as ferramentas foram utilizadas:

### *Uso do analisador de protocolo Wireshark:*

O *Wireshark* foi usado em todos os cenários para capturar os pacotes da rede e analisá-los. Os pacotes constituem a amostra utilizada. Este **software** contém o que se chama de *filtros*, normalmente utilizados para visualizar pacotes com dados específicos. A filtragem dos pacotes ajuda a encontrar um pacote desejado sem peneirar todos eles (OREBAUGH et al., 2007). Para a análise, foi usada a ferramenta de estatística *Summary*, que mostra as informações da captura e do filtro escolhido de forma resumida. Terminada a captura dos pacotes, foi utilizado um filtro que retorna os pacotes de um determinado IP; neste caso, o IP do servidor. Com isso, foi possível determinar a quantidade de pacotes provenientes dele. Esta informação constitui a amostra necessária para determinar, em porcentagem, os resultados dos outros filtros utilizados: (1) *datarate*, para mostrar os pacotes com uma taxa de transmissão especificada; e (2) *retransmission*, para mostrar os pacotes que foram retransmitidos. Os filtros (1) e (2) foram usados juntamente com o filtro de IP de origem, pois o tráfego proveniente das estações é muito pequeno para ser considerado. Para analisar a taxa de transmissão, foram especificados no filtro (1) os valores possíveis para esse tipo de rede: 54, 48, 36, 24, 18, 11, 5,5, 2 e 1. Para a análise de retransmissões foi utilizado o filtro (2), não sendo necessário colocar parâmetros. Com o uso do *Wireshark* foi possível:

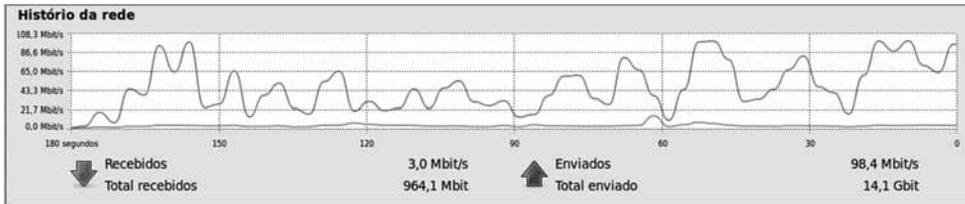
- identificar os protocolos utilizados pelo LTSP;
- saber o número total de pacotes com origem no servidor e usar essa informação para fins estatísticos;
- determinar a porcentagem de pacotes de retransmissão para tornar possível a realização de comparações entre as redes com fio e sem fio.

### *Uso do monitor do sistema*

O monitor do sistema apresenta, de forma resumida, as informações de uso de memória RAM, *swap*, CPU e rede. Foi utilizado para identificar o consumo de memória RAM, a porcentagem de utilização do processador e o uso da banda da rede pelo servidor e por terminais em todos os cenários. A Figura 4 mostra um gráfico com a medição do uso da banda da rede pelas estações e pelo servidor num cenário com 10 estações na rede com fio executando aplicações comuns. Pode-se observar, por esta figura, uma linha com variações súbitas, que representam o tráfego do servidor e totalizam o uso da banda em 98,4 Mbps e uma linha praticamente constante, que representa o tráfego das estações e totaliza o uso da banda em 3 Mbps. Já a Figura 5 mostra um gráfico do cenário com 6 estações na rede sem fio executando um vídeo. Nela podemos perceber também a existência de duas linhas, ambas praticamente constantes, que demonstram o tráfego do servidor e das estações. No servidor, conectado a uma rede de infraestrutura por meio de um *Access Point* (AP), a banda de uso ficou em 100,7 Mbps e nas estações o uso da banda de rede ficou em 3,9 Mbps. Com esses dados foi possível realizar comparações

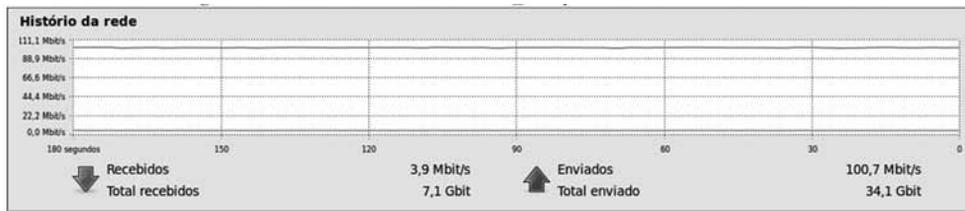
do uso da banda nas redes 802.3 e 802.11 e perceber que as 6 estações que executam um vídeo saturam a banda da rede enquanto as 10 estações que executam aplicações comuns não atingem o limite máximo do gráfico.

Figura 4 – Uso da banda da rede com 10 estações com aplicações comuns na rede com fio



Fonte: os autores

Figura 5 – Uso da banda da rede com 6 estações rodando vídeo na rede sem fio



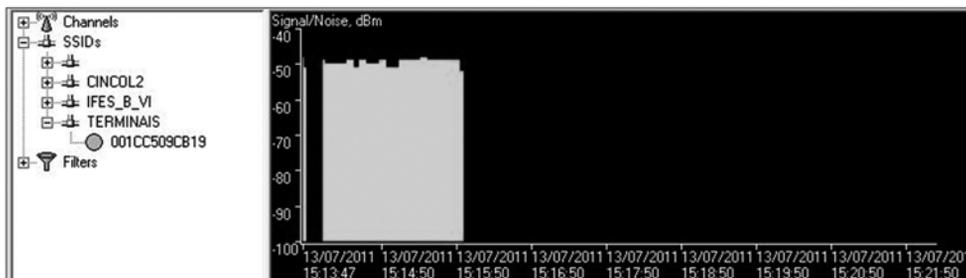
Fonte: os autores

### Uso do NetStumbler

O *NetStumbler* é um programa gratuito, com versões disponíveis para Windows, que lista informações das redes sem fio ao alcance, como *Service Set Identifier* (SSID), canal, *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), que é a relação que mede os níveis de sinal e ruído. Foi utilizado na rede sem fio para identificar o SNR das estações. Segundo Morimoto (2008), a relação sinal/ruído “[...] indica o quanto o sinal é mais forte que o ruído. Para manter uma conexão minimamente estável ele deve ser de pelo menos 5 dB (quanto mais, melhor) [sic] [...]”. Ainda segundo Morimoto (2008), *decibel milliwatt* (dBm) é a potência total de transmissão, usando-se como parâmetro de comparação o sinal de 1 *milliwatt*.

Este **software** foi utilizado individualmente nos terminais e o valor considerado foi a moda, ou seja, o valor mais frequente, já que podem ocorrer variações no sinal em um intervalo de tempo curto, para depois voltar aos níveis normais. A medição ocorreu em um intervalo de um minuto, tempo suficiente para estimar o comportamento da rede. Assim, foi possível medir os níveis de sinais enquanto transmissões sem fio aconteciam no cenário. Utilizando-se 10 estações foi possível determinar o SNR de cada uma delas e determinar quais estações teriam maior atraso de transmissão e recepção de acordo com o ruído do sinal. A Figura 6 mostra a variação de sinal durante a comunicação de um terminal mais próximo do ponto de acesso durante 1 minuto. Nela podemos perceber que a relação sinal/ruído ficou na casa de -50 dBm, permanecendo praticamente constante.

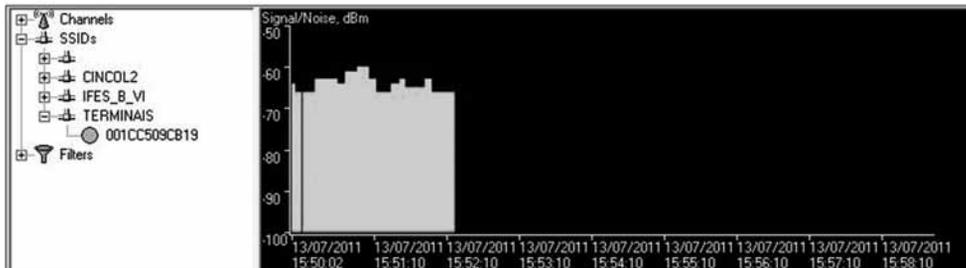
**Figura 6 – relação sinal/ruído da estação mais próxima do ponto de acesso**



Fonte: os autores

Já a Figura 7 mostra que a variação ficou entre -65 dBm a -60 dBm, pois a estação se encontra menos próxima do ponto de acesso. Especificamente nas redes sem fio essa medição pode indicar maior atraso e perda de pacotes nas estações localizadas menos próximas do ponto de acesso.

**Figura 7 – relação sinal/ruído da estação menos próxima do ponto de acesso**



Fonte: os autores

### *Aplicação do questionário*

Nos cenários I-(A) e II-(A) 60 alunos participantes foram submetidos a um roteiro usando os terminais LTSP. 30 deles executaram o roteiro usando a rede com fio, os outros 30, a rede sem fio. Conforme o roteiro, os alunos responderam a um questionário de avaliação que teve como objetivo avaliar a usabilidade do terminal LTSP para os alunos e observar se houve algum problema durante o teste e a avaliação do uso sob um aspecto geral. Nos cenários I-(B) e II-(B) não foram aplicados questionários, uma vez que a execução do vídeo disponível no servidor LTSP foi iniciada pelos próprios autores do projeto, realizando-se a captura dos pacotes por meio do *Wireshark* e medindo-se o uso da largura de banda por meio do monitor do sistema.

### ***Resultados e Discussão***

Os resultados apresentados neste projeto são baseados nos experimentos

realizados nos cenários, utilizando-se as ferramentas descritas e a avaliação dos alunos quanto ao uso dos terminais. Tais resultados estão divididos de acordo com o uso das ferramentas. Abaixo, estão expressos os resultados.

### *Resultados do analisador de protocolo Wireshark*

- a) O uso do protocolo SSH aumenta a quantidade de pacotes transmitidos em todos os cenários, no cenário I-(B), ele aumenta em 2,66 Mbps o uso da banda;
- b) As taxas mínimas e máximas nas redes sem fio estão entre 24 a 54 Mbps, respectivamente, com predominância de 36 a 48 Mbps, totalizando-se 63,8% da amostra da captura.
- c) As retransmissões filtradas na amostra estão entre 0 (zero) e 1,74% na rede com fio e entre 6,06% e 10,71% na rede sem fio.

### *Resultados do monitor do sistema*

Os picos máximos de uso da banda na rede com fio atingem medidas entre 98,1 a 98,4 Mbps. Na rede sem fio, as medidas atingem picos máximos de 14,3 a 16,7 Mbps.

Os recursos computacionais do servidor atingem os seguintes valores, de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1 – Uso dos recursos computacionais do servidor LTSP**

Cenário	Uso da CPU (%)		Uso da Memória (%)
	CPU 1	CPU 2	
I-(A)	32,9%	28,9%	77,7%
I-(B)	15,2%	16,4%	41,6%
II-(A)	42,4%	49%	71,6%
II-(B)	28,7%	43,4%	47,2%

### *Resultados do NetStumbler*

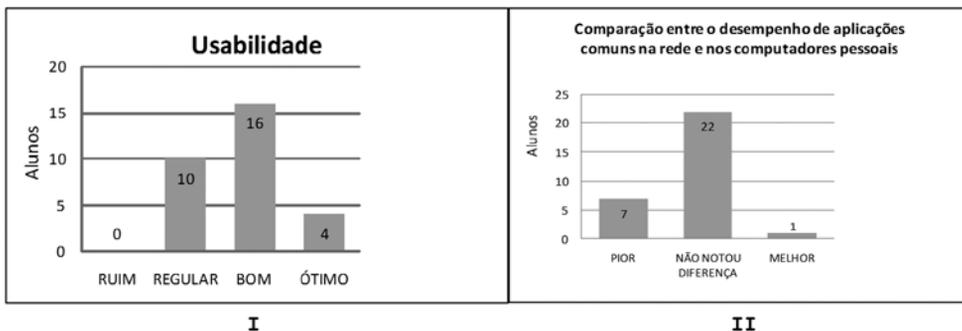
Na rede sem fio o nível de sinal ficou entre 29 dB e 57 dB.

### *Resultados do Questionário*

- a) No cenário da rede sem fio, 30 alunos executaram uma rotina pré-estabelecida usando os terminais, 33,3% avaliaram a usabilidade como regular, 53,3%

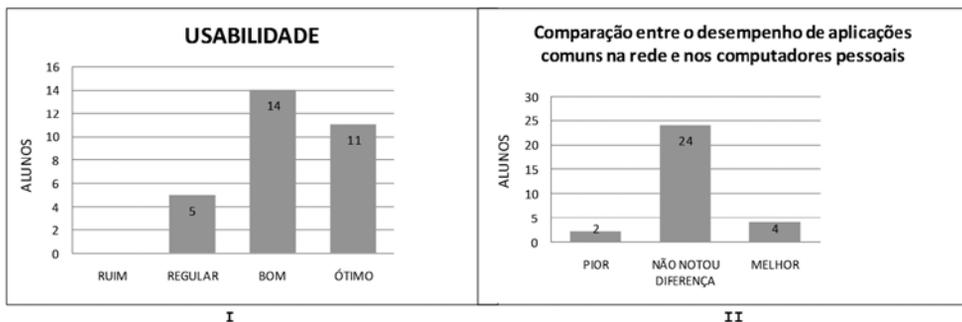
como bom e 13,3% como ótimo. 73,3% relataram que o desempenho das aplicações comuns é igual quando as utilizam em seus computadores pessoais, 23,3% relataram ser pior e 3,3% ser melhor. Os gráficos I e II da Figura 8 exemplificam esses resultados.

**Figura 8 – Gráficos representativos da usabilidade e da comparação feita pelos alunos na rede sem fio**



b) No cenário da rede com fio, 30 alunos executaram a mesma rotina, 16,6% avaliaram a usabilidade como regular, 46,6% como bom e 36,6% como ótimo. 80% relataram que o desempenho das aplicações comuns é igual quando as utilizam em seus computadores pessoais, 6,6% avaliaram como pior e 13,3% como melhor. Os gráficos I e II da Figura 9 exemplificam estes resultados.

**Figura 9 – gráficos representativos da usabilidade e comparação feita pelos alunos na rede com fio**



Para simplificar os resultados obtidos até agora, a Tabela 2 demonstra os principais resultados encontrados nas medições. Nesta tabela podemos perceber que há um alto índice de retransmissões na rede sem fio e que o uso da banda da rede atinge picos máximos de 16,7 Mbps, o suficiente para atender ao uso de aplicações simples, mas não ao uso de aplicações mais sofisticadas, como um vídeo.

Tabela 2 - Comparação dos resultados

INFRAESTRUTURA DOS CENÁRIOS					TESTES REALIZADOS			
Tipo de Rede	Cenário	Terminais obsoletos	Servidor LTSP	Aplicação executada	Wireshark	Monitor do Sistema	Netstumbler	Questionário
					Retransmissões	Uso da banda	Nível do sinal	Usabilidade
I - Rede com fio	(A)	10	1	Editor de texto e web	Entre 0 e 1,74%	Entre 98,1 e 98,4 Mbps	N/A*	83,3% bom ou ótimo
	(B)	6	1	Vídeo 640 x 452 a 24 fps				N/A*
II - Rede sem fio	(A)	10	1	Editor de texto e web	Entre 6,06 a 10,71%	Entre 14,3 a 16,7 Mbps	Entre 29 e 57 dB	66,6% bom ou ótimo
	(B)	6	1	Vídeo 640 x 452 a 24 fps				N/A*

\*N/A: não aplica

### Discussões e conclusões

O aspecto inovador deste trabalho refere-se à implementação de redes sem fio que utilizam terminais obsoletos, ao estudo das características de tráfego desse tipo de rede e a comparação dessas características com as das redes com fio. O uso do LTSP pela rede sem fio mostrou-se funcional no cenário II-(A), no entanto, analisando os pacotes trafegados na rede, há diferenças consideráveis em relação à quantidade de retransmissões. Neste cenário, as retransmissões representaram 10,71% dos pacotes, enquanto na rede com fio não houve retransmissões. Isso indica que a rede sem fio desperdiça banda para retransmissões de pacotes. Além disso, o tempo carga do código do sistema operacional das 10 estações levou 6 minutos para concluir, enquanto na rede com fio demorou 2 minutos. Essas diferenças de desempenho devido à rede foram responsáveis pelo nível de satisfação dos alunos, já que aproximadamente 33% avaliaram a usabilidade da rede sem fio como “regular”, enquanto na rede com fio esse número foi de aproximadamente 16%. No entanto, a maioria dos alunos avaliou a usabilidade como boa ou ótima, tanto para a rede com fio quanto para a rede sem fio.

No cenário II-(B), a rede sem fio não foi funcional, pois a execução do vídeo demonstrou baixo desempenho e, ao longo da execução, 4 terminais pararam de exibir o vídeo. Nesse cenário, os pacotes de retransmissões representaram 6,06% do total, enquanto na rede com fio, apenas 1,74%. A execução de vídeo em 6 terminais elevou o consumo de banda de rede ao máximo disponível na rede. Esse valor foi, aproximadamente, 6 vezes maior na rede com fio que na rede sem fio, o que explica o motivo de a rede sem fio não ser funcional.

Na rede sem fio, a taxa de transferência pode se apresentar de forma dinâmica ou de acordo com o terminal. Sendo assim, um terminal pode se comunicar com o servidor com taxa diferente do outro, dependendo do SNR. O SNR variou em 28 dB, fato que indica variações na taxa de transferência dos terminais, de 24 a 54 Mbps. Essa diferença, teoricamente, afetaria o uso dos terminais, no entanto, tal relação não foi confirmada

com os dados obtidos do questionário, já que as respostas do terminal com maior e com menor SNR foi “regular”. Isso revela que o uso de aplicações com baixo consumo de banda, como o *Writer*, editor de texto do *OpenOffice*, não altera significativamente de desempenho de um terminal para o outro. Entretanto, aplicações com elevado consumo de banda, como a execução de um vídeo, exibido até o fim, embora com qualidade questionável, só foram possíveis nos dois únicos terminais com maior SNR.

Com relação às especificações da infraestrutura do servidor, percebe-se que os recursos computacionais utilizados, como memória e CPU, não atingem seus valores máximos, sendo 77,7% do uso máximo da memória, 42,4% da CPU1 e 49% da CPU2, o que indica que uma configuração simples de um servidor atende a ambos os cenários apresentados, para as aplicações testadas.

Concluindo, o uso do LTSP na rede sem fio é possível e viável em algumas situações, principalmente em aplicações comuns, como editores de textos, navegadores web e planilha eletrônica, no entanto, a rede com fio apresenta melhor desempenho. Com o avanço e redução de custos de novas tecnologias de transmissão sem fio, é possível que o desempenho possa melhorar, com resultados diferentes dos aqui apresentados. Uma dessas tecnologias é a 802.11n, posterior a 802.11g utilizada, que se vem tornando mais utilizada já que o custo dos equipamentos tem diminuído com o passar do tempo.

### ***Considerações e trabalhos futuros***

Adicionar segurança à comunicação geralmente significa também aumentar o consumo de recursos da rede, de processador e memória, tanto do servidor quanto dos terminais. Visto isso, não foi avaliada a segurança nos cenários estudados, pois existem diferentes formas de aumentar a segurança e cada uma possui impactos diferentes na rede e nos terminais. A comunicação no LTSP é, por padrão, realizada através de um túnel SSH, ou seja, a comunicação torna-se criptografada. Essa criptografia foi desativada para a realização dos testes, o que mostrou uma diferença de 2,66 Mbps de carga adicional na rede. No cenário de rede sem fio há maior risco em relação à segurança, uma vez que a rede está aberta, ou seja, não há controle de acesso por senha e não há criptografia. Entretanto, é possível restringir o acesso por meio de outras técnicas. Devido à extensão e complexidade envolvidas na segurança em redes, uma sugestão para trabalhos futuros é analisar o uso de técnicas de segurança e mensurar seus impactos na rede, nos terminais, no servidor e na usabilidade do LTSP. Adicionalmente, ainda como trabalhos futuros, podem ser construídos novos cenários e neles coletados novos dados, uma vez que a infraestrutura de rede testada equivale aos padrões normais e de baixo custo de redes com fio com taxa de 100 Mbps e sem fio 802.11b/g com taxa de até 54 Mbps. Estes novos cenários podem ser constituídos, por exemplo, de redes com fio operando a 1000 Mbps e redes sem fio no padrão 802.11n a 300 Mbps. Para isso, questões técnicas da pré-carga do código do sistema em interfaces de rede

sem fio ainda precisam ser estudadas e melhoradas, uma vez que tais interfaces não contêm memória *flash* para armazenar o código de pré-execução e, atualmente, há suporte apenas para uma marca de interface de rede sem fio. O estudo de novas versões ou versões ainda mais limitadas do Linux também pode ser realizado, delimitando-se questões do **hardware** do terminal, dando maiores opções de configurações obsoletas.

## **Referências**

BALNEAVES, Scott; outros autores. *Linux terminal server project administrator's reference: a guide to LTSP networks*. 2009. 84p. Disponível em: <<http://ufpr.dl.sourceforge.net/project/ltsp/Docs-Admin-Guide/LTSPManual.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2012.

CAIRNS, C.N. E-waste and the consumer: improving options to reduce, reuse and recycle. *Electronics and the Environment*, 2005. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM, May 16-19 2005, *Proceedings...* p. 237- 242.

CHEN, Lim Fung; YEE, Haw Wai. E-waste management: are we ready for it? A study on the awareness of coit students toward e-waste management. In: INFORMATION TECHNOLOGY AND MULTIMEDIA (ICIM) [and], INTERNATIONAL CONFERENCE, Nov. 14-15 2011. p.1-5.

COMER, Douglas E. *Interligação em rede com TCP/IP: Princípios, protocolos e arquiteturas*. Volume I. Tradução de ARX Publicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998.

COUTINHO, Bruno Cardoso; RODRIGUES, Leonardo Andrade. *Implementação de um cluster como servidor LTSP para atender a uma rede de computadores obsoletos*. Monografia (Graduação do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores) - Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina/ES, 2011.

KAHHAT, R.; JUNBEUM Kim; MING Xu. *E-market for e-waste*. *Electronics and the Environment*, 2008. ISEE 2008. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON , May 19-22 2008. p.1,

KLOOTS, J.; OLIFER, V. *Carrier Ethernet*. RTI – Redes, Telecom e Instalações. *Voz Dados e Imagens – Instalações e Tecnologia*, Aranda Editora, v. 12, n. 134, p. 46-53, jul. 2011.

KUROSE, James F; ROSS, Keith W. *Redes de Computadores e a internet: uma abordagem top-down*. Tradução Arlete Simille. 3ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

MANVAR, Dhaval; MISHRA, Mayank; SAHOO, Anirudha. Low cost computing using virtualization for remote desktop. In: COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS (COMSNETS), 2012, INTERNATIONAL CONFERENCE, 4., Jan 2012, p. 1-2.

MORIMOTO, Carlos Eduardo. *Redes, guia prático*. Porto Alegre – RS: Sul Editores, 2008.

OREBAUGH, Angela. *Wireshark & ethereal network protocol analyzer toolkit*. Rockland: Syngress Publishing, Inc. 2007.

OXENLOWE, L.K et al. Futura Ethernet óptica a Terabit/s. RTI – Redes, Telecom e Instalações. *Voz Dados e Imagens – Instalações e Tecnologia*, Aranda Editora, v.12, n. 137, p. 34-49, out. 2011.

SANDERS, Chris. *Practical packet analysis: using wireshark to solve real-world network problem*. San Francisco: No Starch Press, 2007.

SANTOS, R. H. S. dos; TORREZAN, A.; BRAUN, L. L. Performance Tests with LTSP. *IEEE Latin America Transactions*, v. 10, n. 1, Jan. 2012

SPURGEON, Charles E. *Ethernet, o guia definitivo*. Tradução de Daniel Vieira. 1ª. ed. São Paulo: Campus, 2000.

STALLINGS, William. *Redes e sistemas de comunicação de dados: teoria e aplicações corporativas*. Tradução de Business data communications. Tradução da 5ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 2ª reimpressão

TANEMBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. Tradução de Vandenberg D. de Souza. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

*Artigo recebido em: 30 jan. 2012*

*Aceito para publicação em: 16 abr. 2013*