

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

**REDE DE COMPUTADORES BASEADA EM TERMINAIS LEVES USANDO
LINUX TERMINAL SERVICE PROJECT (LTSP)**

**REDE DE COMPUTADORES BASEADA EM TERMINAIS LEVES USANDO
LINUX TERMINAL SERVICE PROJECT (LTSP)**

Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Redes de
Computadores da Faculdade
Natalense para o Desenvolvimento
do Rio Grande do Norte como
requisito para obtenção do
título de Especialista em Redes de
Computadores.

Orientador:
Aulizio Ferreira da Rocha Neto, Msc.

NATAL/RN

2007

2007

REDE DE COMPUTADORES BASEADA EM TERMINAIS LEVES USANDO
REDE DE COMPUTADORES BASEADA EM TERMINAIS LEVES USANDO
LINUX TERMINAL SERVICE PROJECT (LTSP)

EPITÁCIO NUNES DA SILVA JÚNIOR

Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Redes de
Computadores da Faculdade
Natalense para o Desenvolvimento
do Rio Grande do Norte como
requisito parcial para a obtenção do
título de Especialista em Redes de
Computadores.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, Msc.

Gleydson Azevedo Ferreira de Lima, M.Sc.

NATAL/RN

2007

RB. 30.274

FARN
BIBLIOTECA

Nº Reg. 1000739

14.12.07

004.72

5579m

2007

ex 01

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

Silva Júnior, Eptácio Nunes da

Redes de computadores baseada em terminais leves usando Linux Terminal Service Project (LTSP) / Eptácio Nunes da Silva Júnior. – Natal: FARN, 2007.
46 f.

Orientador: Aluizio Ferreira da Rocha Neto (M. Sc.)

Monografia (Especialização em Redes de Computadores) – Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. Redes de Computadores – Monografia. 2. Terminal Service Project (LTSP) – Monografia. 3. Redes de Terminais Leves – Monografia. 4. Linux – Monografia. I. Título.

RN/FARN/BC

CDU 004.72

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

**REDE DE COMPUTADORES BASEADA EM TERMINAIS LEVES USANDO
LINUX TERMINAL SERVICE PROJECT (LTSP)**

EPITÁCIO NUNES DA SILVA JÚNIOR

Monografia apresentada e aprovada em 1º de junho de 2007, pela banca
examinadora composta pelos seguintes membros.

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.
Orientador

Gleydson Azevedo Ferreira de Lima, M.Sc.
Examinador

**NATAL/RN
2007**

DEDICATÓRIA

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade e as condições necessárias para que este sonho se realizasse.

A minha esposa Vila e filhos, pelo carinho e principalmente pelo incentivo durante todos os momentos, fundamental para a conclusão deste projeto.

Intencionalmente para a realização deste projeto. Em especial ao professor Aluizio Ferreira da Rocha Neto, pelo apoio e orientação em toda a extensão do curso. Aos meus colegas de turma que juntos compartilharam este longo período de cooperação e companheirismo tendo a ficado os mesmos objetivos.

Ao Diretor-Geral do Tribunal Regional Eleitoral do Rio Grande do Norte, Dr. Nilson Dantas Brito, autorizando aos atores responsáveis a colaborar com a criação do laboratório, cedendo equipamentos e estrutura física, a realização da prática do Projeto Linux para Terminais Leves (LTL).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade e as condições necessárias para que este sonho se realizasse.

A todos os professores do Curso de Especialização em Redes de Computadores da FARN, que colaboraram com seus conhecimentos nas orientações em sala de aula e laboratório para a realização deste projeto. Em especial ao professor Aluizio Ferreira da Rocha Neto, pelo apoio e orientação em todo período do curso. Aos meus colegas de turma que juntos partilhamos este longo período de cooperação e companheirismo tendo a frente os mesmos objetivos.

Ao Diretor-Geral do Tribunal Regional Eleitoral do Rio Grande do Norte, Dr. Nilson Dantas Brito, autorizando aos setores responsáveis a colaborarem com a criação do laboratório, cedendo equipamentos e estrutura física, à realização da prática do Projeto Linux para Terminais Leves (LTSP).

Palavras-chave: Terminais leves, LTSP, Linux.

RESUMO

Várias soluções surgem na intenção de aproveitar melhor os equipamentos de informática para que, em 3 (três) anos, não sejam considerados obsoletos ou ultrapassados. O projeto LTSP (Linux Terminal Server Project) vem exatamente contribuir na reativação de equipamentos com recursos limitados, transformando-os em terminais leves, entretanto ativos. Em uma rede de Terminais, sob o gerenciamento de um único computador, esse sim com todos os recursos de hardware e software, chamado de servidor, é centralizado todo o processamento de aplicações pesadas, onde os terminais passam a funcionar com o desempenho de um computador moderno. Este trabalho apresenta um estudo para implantação de uma rede de computadores e descreve detalhadamente os procedimentos de instalação e configuração tanto dos clientes como do servidor LTSP.

Palavras-chave: Terminal leve. LTSP. Linux.

Key-words: Thin Clients. LTSP. Linux

ABSTRACT

Several solutions arise in the intention of making better use of information technology for the equipment that in three (3) years, are not considered obsolete or outdated. The LTSP (Linux Terminal Server Project) accurately comes to contribute in the equipment reactivation with limited resources, transforming them into thin clients, meanwhile assets. In a network of terminals, under the management of an only computer, this yes with all the resources of the hardware and software, call of server, is centered all the processing of weighed applications, where the thin clients start to function with the performance of a modern computer. This work presents a study for implantation of a computer network and describes in details the procedures of installation and configuration in such a way of the customers as of LTSP server.

Key-words: Thin Clients. LTSP. Linux

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivos Específicos	111
1.2	MOTIVAÇÃO	11
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	11
2	REFERENCIAL TEORICO.....	13
2.1	REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET	13
2.2	DHCP.....	13
2.3	TFTP	13
2.4	NFS	14
2.5	LTSP	15
2.5.1	Configuração de um Servidor LTSP	15
2.5.2	Memória	15
2.5.3	CPU	16
2.5.4	Vários CPUS vs. Dual Core vs. <i>Hyperthreading</i>	17
2.5.5	Discos	17
2.5.6	Rede	18
2.6	FORMAS DE CARREGAR O KERNEL NA MEMÓRIA	18
2.6.1	Boot por ROM.....	18
2.6.2	MBA	19
2.6.3	Netboot	19
2.6.4	Mídia Local	20
2.7	SERVIÇOS USADOS PELO LTSP	22
2.7.1	Servidor DHCP.....	23
2.7.2	Protocolo TFTP	23
2.7.3	Sistema de Arquivo NFS	23
2.7.4	Protocolo XDMCP	24
2.8	COMPARATIVO COM FERRAMENTAS PROPRIETÁRIAS.....	24
3	O PROJETO DE LTSP DO TRE-RN	26
3.1	HARDWARE	26
3.1.1	Material Complementar.....	27
3.2	SOFTWARES.....	27

3.3	PREPARAÇÃO DO AMBIENTE.....	27
3.4	PREPARAÇÃO DO SERVIDOR LTSP	29
3.4.1	Instalação	30
3.4.2	Configuração	30
3.4.3	Configurando servidor DHCP	32
3.4.4	Configurando o servidor TFTP.....	35
3.4.5	Usando o programa ltspcfg.....	36
3.5	NOVIDADES	40
4	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	43
5	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO

Figura 1: Site para gerar a imagem de boot em CD (www.rom-o-matic.net)	28
Figura 2: Topologia da rede LTSP	29
Figura 3: Menu ltspadmin	30
Figura 4: Menu de configuração de instalação do LTSP.....	31
Figura 5: Instalando os pacotes LTSP	32
Figura 6: Menu de configuração do LTSP	37
Figura 7: Gráfico de Monitoramento de Recursos	43

1 INTRODUÇÃO

Encontramos em instituições públicas ou privadas de boa parte do País e até do mundo configurações de computadores relativamente potentes baseados em processadores Intel, 512KB de memória RAM, HD de 120 MB, Placa de Vídeo de 128KB, DVD/CD, Placa de Rede 10/100 e outros dispositivos, com sistema operacional e aplicativos corporativos caros.

O rápido crescimento tecnológico em hardware e software vem exigindo dia a dia uma constante atualização de equipamentos e um rápido sucateamento de máquinas com recursos limitados.

Este processo vem fazendo com que o tempo de vida útil de um equipamento diminua cada vez mais, e que em pouco tempo um grande investimento possa ser perdido.

Será possível que um investimento tão grande em computadores possa simplesmente se tornar inútil dentro de 2 ou 3 anos, pelo fato de os softwares avançarem em consumo de recursos de uma maneira descontrolada?

O mundo vinha aceitando a imposição da indústria em renovações forçadas, mas hoje as pessoas estão mais preocupadas com os seus investimentos, precisando tirar mais proveito dos mesmos.

O conceito de terminais vem sendo muito discutido ultimamente na área de TI e vários projetos surgiram, alguns proprietários, outros livres.

Esse conceito permite a utilização de um único computador, ou até mesmo mais de um, para centralizar o processamento de aplicações mais pesadas, usando máquinas bem menores para console (teclado, mouse e monitor).

O LTSP (Linux Terminal Server Project) é um projeto baseado em Linux, criado por James McQuillan, que agrupa várias ferramentas e protocolos padrão, com a finalidade de proporcionar um ambiente de trabalho remoto, ou seja, permite conectar vários clientes terminais leves a um servidor.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo apresentar o LTSP, demonstrando o processo de instalação, configuração, utilização e suas características básicas. Serão apresentadas

informações para quem deseja montar uma rede de computadores, centralizando todo o processamento de aplicações em um servidor. Utilizaremos máquinas com recursos limitados como terminais, sem que haja nenhuma necessidade de uma atualização de hardware.

1.1.1 Objetivos Específicos

Neste projeto, junto ao TRE-RN (Tribunal Regional Eleitoral do Rio Grande do Norte), foi utilizado o LTSP na criação de um Telecentro para atender aos eleitores durante os dias que antecedem as eleições.

1.2 MOTIVAÇÃO

Diante dos avanços da tecnologia de software apresentando aplicações cada vez mais robustas, a indústria de hardware, para acompanhar o avanço, teve que desenvolver equipamentos que pudessem atender as necessidades de alto poder de processamento e armazenamento de dados. A necessidade do TRE-RN em criar um Telecentro para atender a consultas de eleitores no período eleitoral, sem despesa com aquisição de novas estações de trabalho, motivou a implantação de uma rede de computadores com LTSP. A solução seria a reutilização de equipamentos de informática considerados velhos, atualmente sem utilidade no TRE-RN, para serem usados como terminais burros.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está assim organizado. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, onde são abordados combinações de protocolos necessários na transformação de computadores em terminais, como: DHCP, TFTP, NFS e XDMCP; orientando no métodos de carregar o núcleo do sistema operacional na memória dos terminais. Em seguida sugeriu-se qual seria a configuração mínima necessária para se ter um servidor LTSP e finalmente um comparativo do sistema operacional Linux como servidor LTSP com ferramentas proprietária da Microsoft®.

No capítulo 3 é descrito a implementação do projeto LTSP no âmbito da Justiça Eleitoral do RN. Descreve em detalhes quantidade e configuração dos equipamentos usados, topologia de rede, softwares, método de instalação e configuração da rede LTSP e aplicação dos serviços disponíveis. Para finalizar, apresenta novidades na

implementação da versão 4.2 no que se refere ao uso de dispositivos locais em terminais LTSP.

O capítulo 4, na figura 7, apresenta um gráfico que demonstra os resultados de execução dos terminais junto ao servidor LTSP. Chama a atenção na importância da quantidade de memória no servidor para atender com folga as solicitações dos terminais.

Por fim, o capítulo 5 avalia a importância do uso do LTSP como solução, tanto na parte econômica de gastos, quanto na reutilização de microcomputadores considerados ultrapassados para os dias de hoje.

Foi o protocolo TCP/IP que popularizou a Internet. Era responsável em encontrar a rota de destino e fazer uma conexão fim-a-fim entre os dois pontos. Garantir o estabelecimento de conexão foi o fator importante para o desenvolvimento dos protocolos de aplicação. O TCP/IP tornou-se um padrão de fato, utilizado não só na Internet, como também nas redes internas das empresas.

2.2 DHCP

O DHCP é a abreviação de Dynamic Host Configuration Protocol. O DHCP é um serviço utilizado para automatizar as configurações do protocolo TCP/IP nos dispositivos da rede (computadores, impressoras, hubs, switches ou seja, qualquer dispositivo conectado a rede e que esteja utilizando o protocolo TCP/IP).

Sem o uso do DHCP, o administrador da rede e a sua equipe teriam que configurar, manualmente, as propriedades do protocolo TCP/IP em cada dispositivo da rede (geralmente denominados hosts). Com o uso do DHCP esta tarefa pode ser completamente automatizada. O uso do DHCP traz diversos benefícios, dentre os quais podem ser destacados os seguintes:

1. Automação do processo de configuração do protocolo TCP/IP nos dispositivos da rede.
2. Facilidade de alteração de parâmetros tais como Default Gateway, Servidor DNS e assim por diante, em todos os dispositivos da rede, através de uma simples alteração no servidor DHCP.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET

Para que os computadores de uma rede possam trocar informações entre si é necessário que todos os computadores adotem as mesmas regras para o envio e o recebimento de informações. Este conjunto de regras é conhecido como Protocolo de comunicação. No protocolo de comunicação estão definidas todas as regras necessárias para que o computador de destino, “entenda” as informações no formato que foram enviadas pelo computador de origem. Dois computadores com diferentes protocolos instalados, não serão capazes de estabelecer uma comunicação e nem serão capazes de trocar informações.

Foi o protocolo TCP/IP que popularizou a Internet. Era responsável em encontrar a rota de destino e fechar uma conexão fim-a-fim entre os dois pontos. Garantir o estabelecimento de conexão foi o fator importante para o desenvolvimento dos protocolos de aplicação. O TCP/IP tornou-se um padrão de fato, utilizado não só na Internet, como também nas redes internas das empresas.

2.2 DHCP

O DHCP é a abreviatura de Dynamic Host Configuration Protocol. O DHCP é um serviço utilizado para automatizar as configurações do protocolo TCP/IP nos dispositivos de rede (computadores, impressoras, hubs, switches, ou seja, qualquer dispositivo conectado à rede e que esteja utilizando o protocolo TCP/IP).

Sem o uso do DHCP, o administrador da rede e a sua equipe teriam que configurar, manualmente, as propriedades do protocolo TCP/IP em cada dispositivo de rede (genericamente denominados hosts). Com o uso do DHCP esta tarefa pode ser completamente automatizada. O uso do DHCP traz diversos benefícios, dentro os quais podem ser destacados os seguintes:

- a. Automação do processo de configuração do protocolo TCP/IP nos dispositivos da rede.
- b. Facilidade de alteração de parâmetros tais como Default Gateway, Servidor DNS e assim por diante, em todos os dispositivos da rede, através de uma simples alteração no servidor DHCP.

- c. Eliminação de erros de configuração, tais como digitação incorreta de uma máscara de sub-rede ou utilização do mesmo número IP em dois dispositivos diferentes, gerando um conflito de endereço IP.

2.3 TFTP

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) é um protocolo muito simples usado para transferir arquivos. O TFTP não necessita da senha do usuário para acesso, não opera com múltiplas conexões, tornando-se, portanto, menor e mais simples que o FTP.

O TFTP opera no modo de transferência de blocos com tamanho fixo de 512 bytes, aguardando uma mensagem de reconhecimento para cada bloco transmitido antes de enviar o próximo. É especificado pela [RFC 1350] e usa a porta 69 do UDP. É destinado a aplicações que não necessitam de interações complexas entre o servidor e o cliente, por isso é mais utilizado em computadores pessoais e em estações de trabalho sem disco.

2.4 NFS

O NFS (Network File System) é um modelo de sistema de arquivos, que tem como função centralizar arquivos em um servidor, formando assim um diretório virtual.

Os arquivos ou diretórios são hospedados em um servidor de terminais e disponibilizados para diversos clientes, ou simplesmente terminal, para acesso remoto. O servidor tem como função a disponibilização de serviços aos usuários de programas de computador, e o cliente tem como função dar permissão a estes usuários de acessar os serviços disponibilizados. O processo de requisição de Cliente-Servidor tem seu funcionamento com base no pedido feito pela estação cliente para estação servidora e esta por sua vez processa e devolve os resultados dos pedidos ao cliente.

O cliente NFS tem por finalidade tornar o acesso remoto transparente para o usuário do computador, e esta interface cliente e servidor, executada pelo NFS através dos protocolos Cliente-Servidor, fica bem definida quando o usuário ao chamar um arquivo/diretório no servidor, lhe parece estar acessando localmente, sendo que está trabalhando com arquivos remotos.

2.5 LTSP

O LTSP (Linux Terminal Server Project) é uma solução mais usada para a criação de terminais leves com o Linux. Ele utiliza uma combinação de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), TFTP (Trivial File Transfer Protocol), NFS (Network File System) e XDMCP (X Display Manager Control Protocol) para permitir que as estações não apenas rodem aplicativos instalados no servidor, mas realmente dêem boot via rede, baixando todos os softwares de que precisam diretamente do servidor. Não é preciso ter HD nem CD-ROM nas estações, apenas um disquete de boot ou ainda um chip de boot espetado na placa de rede.

As placas-mãe novas, com rede onboard, suportam boot via rede utilizando o protocolo PXE (Pre-boot Execution Environment). Para configurar é só habilitar a opção de boot pela rede no setup do cliente.

A maioria dos pacotes LTSP estão disponíveis em formatos RPM, TGZ, e DEB, permitindo, assim, a escolha dos pacotes conforme a distribuição que o usuário usa.

Para esse trabalho utilizou-se a versão 4.2 do LTSP em um sistema Linux Ubuntu versão 6.10 etch.

2.5.1 Configuração de um Servidor LTSP

As características mínimas de um servidor LTSP depende de vários fatores a considerar: o número de terminais a ligar ao servidor, as aplicações a serem executadas, outros serviços disponibilizados pelo servidor, etc. As seções seguintes analisam alguns destes componentes do servidor LTSP.

2.5.2 Memória

A memória é o elemento mais importante de uma solução LTSP. Logo é crítico ter memória suficiente para todas as aplicações que estão sendo executadas simultaneamente.

Segundo James Mcquillan (2005)

Se a memória ultrapassa o percentual de 80% de uso, o servidor inicia o procedimento de swap. Esta técnica de swap não é muito aconselhável, e não depende da capacidade de processamento existente, porque mesmo que se tenha o processador mais rápido do mundo isso pouco ou nada ajudará. Quando não existe capacidade de resposta do servidor em relação à memória, a execução torna-se bastante lenta e pode haver um tempo de resposta maior pelo servidor.

Então qual seria a quantidade de memória necessária?

Conforme sugestão da LTSP.org, instituição responsável pela validação e divulgação do projeto, a formula adotada seria:

$$\text{Total Ram} = 256\text{MB} + (50\text{MB} * \text{número de terminais})$$

Os 256 RAM são dedicados ao servidor, sem terminais. Para os terminais acrescentaremos 50MB para cada um. Uma aplicação desenvolvida em ASP sendo executada via browser pode ser muito bem utilizada com essa configuração. Assim, se tivermos um servidor com 10 terminais a o cálculo seria o seguinte:

$$\text{Total Ram} = 256 + (50 * 10) = 256 + 500 = 756 \text{ MB}$$

Essa é uma estimativa razoável da quantidade de memória que se pode usar no servidor. Porém, não podemos afirmar definitivamente que 756MB seria o ideal. Teremos que considerar as aplicações que estarão funcionando no servidor. Na utilização de um ambiente desktop totalmente carregado com aplicativos que exigem uma boa performance, e esses sendo executados simultaneamente, certamente o mais apropriado seria contar com 70MB por terminal. Finalmente, a quantidade de memória depende do tipo de tarefa a ser executada, da quantidade de tarefa e da frequência em que elas são solicitadas.

2.5.3 CPU

A utilização de Multi-Processamento é uma idéia muito boa em um ambiente de LTSP. Quando vários usuários partilham o acesso a determinadas aplicações, e um único usuário fica ocupando o processador com o uso intensivo de um programa, teremos um impacto muito negativo sobre as sessões de outros clientes.

Apesar de o Kernel do Linux tratar as tarefas de forma escalonável, um único programa pode absolver todo o processamento de um sistema. Ter mais de um processador central pode tranqüilamente ajudar.

2.5.4 Vários CPUS vs. Dual Core vs. *Hyperthreading*

Se existe a possibilidade de o servidor ter mais que um processador, não se deve hesitar, é sem dúvida a melhor opção. Existem, no entanto, possibilidades alternativas – Dual-Core e HyperThreading. A utilização de Dual-Core, apesar de recente, deve garantir um excelente desempenho e aproximar-se do multi-processamento físico real. Com o HyperThreading a melhoria em desempenho deverá andar na ordem de 1.3. Conforme observações, um cliente LTSP usa 5% a 7% de um processador. Assim, se tivermos, por exemplo, um processador a 3000MHZ, este os permite ligar simultaneamente 20 terminais, sem swapping. Outra hipótese a considerar é criação de um cluster de servidores – aproveitando assim máquinas com menor capacidade.

2.5.5 Discos

O que se sabe hoje em dia é que investir em discos rápidos e de qualidade garante rapidez no tempo de resposta das imagens. Sempre considerar RAID (Redundant Array of Independent Disks) como opção, pois caso um disco falhe temos sempre um outro disco como espelho para garantir que o sistema não seja interrompido (RAID 1). Caso queira um sistema de disco mais rápido, através da técnica de divisão de dados (data stripping), deve-se usar RAID 0.

2.5.5.1 SCSI

As controladoras SCSI seriam o ideal para servidores que disponibilizam serviços para um ambiente com mais de 20 terminais. Sugerem-se, à consideração, discos com velocidade de 15000 RPM (Rotações Por Minutos) ligados a uma controladora SCSI RAID.

2.5.5.2 SATA

SATA apresenta-se como uma tecnologia que poderá fazer frente aos SCSI, e a preços muito interessantes. O desempenho e confiabilidade são ótimos e com uma facilidade enorme de ligação. Quando se tem um ambiente de mais de 20 clientes LTSP, os SATA podem ser usados como RAID nível 0 ou 1 para, no mínimo, dois discos, e/ou RAID nível 10 a partir de 4 discos.

2.5.5.3 ATA/IDE

Esta tecnologia só é aconselhável para ambientes LTSP com poucos clientes (5 a 10). Caso se opte por esta solução, sugere-se, como segurança, integrar um par de discos ATA/IDE com uma controladora RAID para obter um melhor desempenho. Não é indicada a utilização de RAID 1 por software, podendo causar decréscimo de desempenho no servidor.

2.5.6 Rede

Num ambiente cada terminal liga-se a um HUB ou SWITCH, que por sua vez está ligado ao servidor. Todo o fluxo de rede passa pelo cabo que liga o servidor ao SWITCH, gerando um grande congestionamento no local. Significa que devemos ter uma ligação, a mais rápida possível para este percurso, neste caso a opção por Gigabit é solução. Como no servidor concentram-se todas as solicitações de processamento, seria ideal que na sua configuração pudesse ser adicionado uma placa de rede que suporte Gigabit e o Switch com pelo menos uma porta a Gigabit. Ficariam as portas de 100MB para as demais ligações dos terminais ao SWITCH. Na falta de recursos financeiros, usa-se um HUB.

2.6 FORMAS DE CARREGAR O KERNEL NA MEMÓRIA

Esta seção aborda os vários métodos de carregar o núcleo do sistema operacional (kernel) na memória do computador. Estes métodos são importantes de serem analisados pois influenciam diretamente na forma como o LTSP pode funcionar.

2.6.1 Boot por ROM

Aqui serão apresentados os métodos de carga do sistema operacional a partir de pequenos programas gravados em memória ROM (Read Only Memory) do computador e que podem ser executados pela BIOS (Basic Input/Output System) sempre que o computador é ligado.

2.6.1.1 Etherboot

O Etherboot é o software que permite que as estações dêem boot através da rede, obtendo todo o software a partir do servidor. Como o software é muito pequeno, apenas

35 ou 40 KB, dependendo do driver usado pela placa de rede. O boot pode ser dado tanto através de um disquete ou CD-ROM, quanto a partir da ROM da placa de rede. A imagem de BootROM contém o driver da placa da rede, o cliente de DHCP, e o cliente de TFTP. O Etherboot é um projeto de bootrom open-source muito popular. Ele contém drivers para muitas placas de rede comuns, e funciona muito bem com o LTSP.

2.6.1.2 PXE

O sistema Ambiente de Execução Pré-inicialização (Preboot Execution Environment) é uma forma de ROM de partida inteligente embutida em algumas placas de rede ou placas-mãe.

Uma bootrom PXE pode carregar até no máximo um arquivo de 32 Kilobytes. Um kernel Linux é um pouco maior que isto. Por isso, será preciso configurar um carregador de boot de segundo estágio chamado pxelinux. O pxelinux é pequeno o bastante para ser carregado, e ele sabe como carregar arquivos grandes, como o kernel Linux.

2.6.2 MBA

O Managed Boot Agent (MBA) é uma bootrom de uma companhia chamada emBoot. A emBoot foi utilizada como a divisão Lanworks da 3Com. O MBA é na realidade, quatro bootroms em uma. Ele irá tratar PXE, TCP/IP, RPL e Netware.

A implementação PXE do MBA funciona muito bem. É possível usá-la com o pxelinux para carregar o kernel Linux.

O método TCP/IP pode ser usado, mas antes, o kernel precisa ser preparado com um utilitário chamado image.

2.6.3 Netboot

O Netboot, assim como Etherboot, é um projeto de software livre que fornece imagens ROM livres para boot. A diferença é que ele é um 'invólucro' para o driver NDIS ou drivers de pacotes distribuídos com as placas de rede.

2.6.4 Mídia Local

2.6.4.1 Disquetes

Há dois modos de iniciar uma estação LTSP com disquete. Um modo é carregar o Etherboot no setor de boot do disquete. Então, ele funcionará como uma bootrom. O código de boot será executado, a placa de rede será iniciada, e o kernel será carregado do servidor de rede.

Você poderá também gravar o kernel e a initrd no disquete e iniciar daquela maneira. Entretanto, atualmente, é mais rápido carregar o kernel via rede.

2.6.4.2 Disco rígido

O disco rígido pode ser usado com o LILO ou GRUB, para carregar o kernel Linux e a initrd ou você pode carregar uma imagem bootrom Etherboot do disco rígido, e esta atuará como uma bootrom.

2.6.4.3 CD-ROM

Um CD-ROM 'bootavel' pode ser carregado com o kernel Linux ou uma imagem Etherboot.

2.6.4.4 Dispositivos de armazenamento USB

Assim como o CD-ROM, disquete e disco rígido, você pode usar um dispositivo de armazenamento USB tanto para iniciar um módulo Etherboot, como um kernel Linux e uma imagem initrd.

PROCESSO DE INICIALIZAÇÃO DO CLIENTE LTSP

Ao ligar o cliente, ele passa pelo processo de auto-teste POST (Power On Self Test). Durante o auto-teste, a BIOS (Basic Input/Output System) procura por ROM (Read Only Memory) de expansão. Nesse momento a partida do sistema pode ser pela placa de rede que possui uma ROM de inicialização, como também por qualquer mídia botável. Terminado o POST, a execução passa para o código Etherboot que localiza e inicializa a placa de rede, e envia através de broadcast (que tem todas as máquinas da rede como destinatárias) a solicitação de um endereço IP (Internet Protocol) via DHCP à rede local. A solicitação inclui o endereço físico da placa de rede (MAC address).

O serviço DHCP do servidor identifica o broadcast e responde enviando a configuração para a placa, de acordo com o endereço MAC (Media Access Control) que está descrito no arquivo `dhcpd.conf`, informando o IP que a máquina receberá, a máscara de rede, o caminho do kernel (núcleo do sistema operacional), o caminho do sistema de arquivos raiz que será montado e alguns parâmetros opcionais.

O código Etherboot recebe a resposta do servidor DHCP e configura o TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) da placa de rede com os parâmetros fornecidos e, usando o protocolo TFTP abre uma conexão com o servidor, onde o código binário Etherboot faz o download do kernel que está no servidor, para o local correto na memória, passando o controle para o mesmo. Agora que o Kernel foi carregado, via TFTP, é que começa realmente o boot da estação.

De posse do kernel a estação inicializa o sistema e todos os periféricos reconhecidos e é carregado na memória como um ramdisk, montado temporariamente como sistema de arquivos raiz, através do parâmetro da linha de comando do kernel `root=/dev/ram0`. Antes de iniciar o programa `init`, o kernel carrega um shell script chamado `linuxrc`.

O `linuxrc` faz uma varredura no barramento PCI (Peripheral Component Interconnect), procurando uma placa de rede, onde será carregado.

Estando o sistema de arquivos já em memória RAM (Random Access Memory), o script `/linuxrc` será montado em um novo sistema de arquivos via NFS. O diretório exportado por padrão é o `/opt/ltsp/i386`. O sistema de arquivo NFS se encarrega de trocar o diretório raiz provisório pelo definitivo. Nesse momento é montado o diretório raiz `/` e o sistema de arquivos velho é montado no diretório `/oldroot`.

Depois de ser montado o novo sistema de arquivos o script `init` fará a leitura do arquivo `/etc/inittab` e iniciará a configuração do ambiente da estação. O script `rc.sysinit` irá criar um disco em memória de 1MB (ramdisk) com o objetivo de armazenar as informações que necessitam ser gravadas e modificadas.

O arquivo `lts.conf` será processado, e todos os parâmetros neste arquivo que pertencem a esta estação, serão configurados nas variáveis de ambiente para uso do script `rc.sysinit`.

Se a estação foi configurada para fazer swap sobre o NFS, o diretório `/var/opt/ltsp/swapfiles` será montado em `/tmp/swapfiles`. Caso o diretório não tenha sido

montado, ele é criado automaticamente, e o seu tamanho é especificado no arquivo `lts.conf`.

O loopback da placa de rede é configurado em 127.0.0.1. E se a opção local apps foi habilitada, então é montado no diretório `/home`, de forma que as aplicações locais tenham acesso ao diretório do usuário.

São criados vários diretórios e arquivos temporários que são necessários para o sistema rodar (`/tmp/compiled`, `/tmp/var`, `/tmp/var/run`, `/tmp/var/log`, `/tmp/var/lock`, `/tmp/var/lock/subsys`).

Em seguida, será configurada a interface gráfica (X Windows), que é especificada no arquivo `/etc/lts.conf`, que configura o driver da placa de vídeo, o mouse, o teclado e outras configurações necessárias, construindo um arquivo `XF86Config`, através do script `/etc/rc.setup`.

O script `/tmp/start_ws` é criado para iniciar o servidor X na estação. Também é criado o arquivo `/tmp/syslog.conf`, responsável pelo armazenamento das logs do sistema.

O controle é repassado de volta para o `init`, que determinará em qual runlevel o sistema iniciará:

Nível 3 – Inicia em modo linha de comando somente;

Nível 4 – Inicia em uma ou mais sessões de Telnet, em modo texto;

Nível 5 – Inicia em modo gráfico.

Foi utilizado como opção de trabalho o modo Nível 5, onde o servidor X Windows, na estação, faz uma requisição XDMCP para o gerenciador de janelas no servidor de rede e, logo em seguida, mostra a tela de login. Nesse momento o usuário já pode ter acesso ao servidor.

2.7 SERVIÇOS USADOS PELO LTSP

Durante a carga do servidor LTSP alguns serviços são ativados. Tais serviços são os relatados nas seções seguintes.

2.7.1 Servidor DHCP

O DHCP (Dynamic Host Control Protocol) é instalado no servidor LTSP e configurado para responder a chamados, enviando a configuração da rede, juntamente com informações do Kernel, que os clientes devem carregar via TFTP, e a pasta no servidor com a instalação do LTSP, que deve ser acessada via NFS.

2.7.2 Protocolo TFTP

O TFTP (Trivial File Transfer Protocol) é um protocolo bem simples de transferência de arquivos dentro de redes locais. Tão simples que a imagem de boot, com seus poucos kbytes, é grande o suficiente para incluir um cliente TFTP. TFTP é comumente utilizado em estações sem disco rígido ou terminais X para transferência de seu código a partir de um servidor de inicialização. Caso se necessite do serviço tftpd para esta finalidade, deve-se estar seguro de limitar o seu escopo para os diretórios onde os clientes têm seus arquivos, através da adição de seu nome à linha de comando de acionamento do servidor tftpd. No LTSP é usado na etapa inicial do boot para fazer o download do kernel Linux.

2.7.3 Sistema de Arquivo NFS

Dentre os diversos sistemas de arquivos o LTSP utiliza o Sistema de Arquivo em Rede (Network File System), também conhecido como NFS. O NFS permite que um sistema compartilhe seus diretórios e arquivos com outros sistemas através de uma rede. Usando NFS, os usuários e programas podem acessar arquivos em sistemas remotos quase como se fossem arquivos locais. Alguns dos benefícios mais notáveis que o NFS pode oferecer são:

- Estações locais usam menos espaço em disco porque dados freqüentemente usados podem ser armazenados em uma única máquina e ainda permanecerem acessíveis a outras pela rede.
- Não há necessidade de usuários terem diretórios pessoais separados em cada máquina da rede. Diretórios pessoais podem ser configurados no servidor NFS e serem disponibilizados através da rede.

- Dispositivos de armazenamento como disquetes, leitores de CD-ROM e leitores de ZIP podem ser usados por outras máquinas na rede. Isto pode reduzir o número de leitores de mídia removível em toda a rede.

2.7.4 Protocolo XDMCP

É o nome do protocolo de compartilhamento de desktop utilizado pelo X. Originalmente o X foi desenvolvido para ser usado em mainframes rodando Unix, usados em conjunto com estações de trabalho que se limitava a exibir as imagens de tela dos aplicativos executados no servidor. Na década de 80 o hardware necessário para rodar aplicativos gráficos e produzir efeitos era muito caro, por isso compartilhar um servidor caro entre vários clientes mais simples e baratos era o melhor custo benefício.

Graças a isso o X foi desenvolvido sobre um protocolo bastante sólido e rápido de comunicação via rede. As imagens e gráficos são transmitidos na forma de comandos que consomem relativamente pouca banda da rede e são rapidamente processados pelo destinatário, fazendo com que apesar de rodar a distância, o usuário não perceba demora na atualização das imagens.

Em 93 o X foi portado para o Linux e rapidamente se tornou o servidor gráfico mais usado na plataforma. Hoje em dia o X utiliza drivers de vídeo com aceleração via hardware, que aproveitam os recursos das placas atuais, sem estar limitado à antiga arquitetura de envio de instruções via rede.

Apesar disso, a possibilidade de rodar aplicativos remotamente continua presente e vem sendo cada vez mais usada. É possível tanto rodar alguns aplicativos casualmente, como acessar a máquina do serviço ao trabalhar em casa ou dar manutenção e alterar configurações das máquinas via rede, quanto criar soluções de terminais leves, usando micros antigos ou montados com hardware barato, rodando aplicativos a partir de um servidor mais parrudo.

2.8 COMPARATIVO COM FERRAMENTAS PROPRIETÁRIAS

Os computadores mais velhos não têm capacidade de rodar as últimas versões do Microsoft Windows, a Microsoft não força apenas a atualização do software, mas ela também está forçando a atualização do hardware.

Felizmente é muito fácil converter aqueles velhos computadores encontrados sem uso em estações LTSP, apenas instalando uma placa de rede com suporte a

BOOTROM ou PXE, ou mesmo instalando um BOOTROM em placas existentes ou carregando o sistema via disquete, CD-ROM ou o mesmo HD. Dessa forma um velho Pentium com pelo menos 16Mb de memória transforma-se em uma robusta estação LTSP.

Pode-se notar que soluções que envolvem máquinas completas como clientes em uma rede apresentam custos semelhantes de hardware, pois tanto o MS-Windows quanto o Linux irão precisar de Hardware compatível para aplicações gráficas. A diferença está no custo de aquisição de software.

Quando se busca soluções de terminais, ocorre à mesma situação com o hardware e software.

Pode-se notar que de todas as soluções apresentadas os terminais com Linux são os que apresentam menor custo, por terem um custo bem reduzido de hardware e custo zero em software.

Têm-se diversas ferramentas proprietárias que oferecem o sistema de redes com terminais. Escolheu-se o Microsoft Terminal Services, para servir de base de comparação de custos.

Os custos são os seguintes para licença de uso de servidores, estações locais e remotas e aplicativos de escritório básico. Os preços foram pesquisados em <http://www.hotmachine.com.br> (maio/2007):

- Windows 2003 Server R2 com 5 call - (R\$ 2.397,91)
- Windows Server CAL 2003 Brazilian OLP NL User CAL - (R\$ 81,11)
- Windows Terminal Server CAL 2003 Brazilian OLP NL User CAL - (R\$ 207,92)
- Office Standard Edition 2007 Português - (R\$ 643,43).

Já com a solução Linux e LTSP o custo com software seria zero, mas não deixando de oferecer os mesmos recursos, como sistema operacional com tela gráfica, navegadores, e-mails, Sistema Office entre outros.

Complementando, para Carlos E. Morimoto “o funcionamento dos terminais com LTSP, é importante uma rede de 100Mbits, portanto máquinas mais antigas que tenham placas de rede de 10Mbits deverão ser substituídas”.

Do que se pode referenciar deste trabalho, o investimento em hardware teve também custo zero, pois todos os componentes, como placas de vídeo, monitores e

placas de rede, como também a própria CPU foram utilizados de sucatas do depósito do Tribunal Eleitoral.

3 O PROJETO DE LTSP DO TRE-RN

Neste trabalho, foi utilizado como projeto piloto uma rede de computadores com o sistema operacional Linux, fazendo uso a distribuição Ubuntu 6.10 com LTSP - Linux Terminal Server Project. Durante a prática foram usados equipamentos sucateados como terminais, com a finalidade de montar um Telecentro de atendimento aos eleitores. Toda a pesquisa foi baseada em estudos da literatura sobre LTSP, usando livros técnicos bem como sites especializados no assunto.

Para o desenvolvimento deste projeto foram disponibilizados pelo TRE-RN (Tribunal Regional Eleitoral do Rio Grande do Norte), equipamentos de informática e o ambiente de trabalho para a realização dos testes.

3.1 HARDWARE

O equipamento usado como servidor de terminais leves teve a seguinte configuração:

- Um microcomputador Pentium IV de 3.00Ghz, marca IBM KPM ThinkCentre-8142;
- Memória RAM de 512MB, 400 Mhz;
- Bus: 800 Mhz;
- Placa de Vídeo on-board, memória compartilhada;
- HD de 80GB;
- Driver de CD-ROM;
- Duas Placas de Rede de 10/100: uma on-board e outra off-board PCI;
- Monitor, mouse e teclado.

Os 6 equipamentos usados como terminais tinham a seguinte configuração:

- Microcomputador MMX 200, marca DIGITAL PC3000;
- Memória RAM de 32MB;
- Placa de Vídeo on-board;
- Driver de CD-ROM;
- Placa de Rede 10/100 off-board PCI;

- Monitor, mouse e teclado.

3.1.1 Material Complementar

Além destes computadores, os seguintes materiais também foram

- Estabilizador (10 unidades);
- Cabos de rede, CAT 5 com RJ-45 nas extremidades, ligação paralela;
- Hub 3COM de 24 Portas
- Impressora Jato de Tinta HP DeskJet Serie 3500

3.2 SOFTWARES

Os seguintes softwares foram utilizados no Servidor:

- Sistema Operacional Linux - Distribuição UBUNTU 6.10;
- Imagem de Boot, em CD-Rom, para cada terminal;
- Pacote LTSP-4.2u2-0.iso em <http://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/isos/>;
- Pacote dhcp3-server;
- Pacote tftp-hpa;
- Pacote nfs-kernel-server;
- Pacote ltsp-utils_0.25_all.deb
- Pacote libwww-perl

3.3 PREPARAÇÃO DO AMBIENTE

Montou-se uma pequena rede de computadores seguindo as normas técnicas para uma rede padrão ethernet, tipo estrela, 6 (seis) estações e 1 (um) servidor LTSP conectados a um Hub 3COM de 24 portas, através de cabos de par trançado a 100 Mb/s.

No servidor host foi instalado a distribuição Linux Ubuntu 6.10 juntamente com os pacotes do LTSP.

Foram geradas imagens em CD-ROM bootável, através da página do www.rom-o-matic.net. Nesse endereço são oferecidos 289 diferentes drives de placa de rede, padrão Ethernet, e 10 formatos diferentes para geração do disco.

Para gerar a imagem de boot em CD devem-se realizar os seguintes procedimentos:

- 1) Acessar o site www.rom-o-matic.net;
- 2) Escolher a última versão: 5.4.3;
- 3) Na próxima tela, correspondente a figura 1, no primeiro campo, indicar o modelo da placa de rede;
- 4) No segundo campo o tipo de imagem que será gerada;
- 5) Fazer o download da imagem ROM pressionando o botão "Get ROM".

ROM-o-matic.net for Etherboot version 5.4.3

ROM-o-matic.net dynamically generates Etherboot ROM images.

Supporting 289 NICs and 10 output formats.

To create and download an Etherboot ROM image:

1. Choose NIC ROM type:

PCI IDs for available NICs are documented [here](#).

You need to know this if you are going to burn flash a ROM image because PCI IDs on the NIC and ROM must match. If you are making any other kind of image, you only need to match the family (**family:rom_name**) part of the identifier.

2. Choose ROM output format:

3. (optional) To customize ROM configuration press:

4. To generate and download a ROM image press:

5. Take a look at the [Release Notes](#) for Etherboot-5.4.3

6. To make a bootable floppy on a GNU/Linux system, put a formatted floppy in your floppy drive and do:

```
$ cat eb-5.4.3-yournic.zdisk > /dev/fd0
```

Figura 1: Site para gerar a imagem de boot em CD (www.rom-o-matic.net)

Segundo Carlos E. Morimoto (2006)

Deve-se usar a opção "ISO bootable image with legacy floppy emulation (.liso)" para gerar um CD de boot. Nesse caso, será preciso renomear o arquivo gerado, de ".liso" para ".iso". A utilização dessa opção é para que a imagem possa ser compatível com os BIOS, devido aos micros usados como terminais serem equipamentos antigos.

Para gravar um CD de boot, basta gerar a imagem da forma como gravaria um arquivo .iso tradicional. Depois, configura-se o cliente no setup para dar boot através do CD-ROM.

Na execução do boot em CD-ROM o endereço MAC aparecerá logo no início da tela do terminal. Esse endereço será utilizado na configuração do arquivo "dhcpd.conf" no servidor LTSP.

3.4 PREPARAÇÃO DO SERVIDOR LTSP

O primeiro momento da instalação do projeto LTSP foi à configuração do servidor LTSP. Como citado anteriormente, foi usada a distribuição do Linux Ubuntu 6.10 (atualmente já está em atividade à versão 7.04).

O laboratório disponibilizado para teste no TRE-RN contava com acesso à Internet via rede local. Portanto, foi preciso configurar as placas de rede da 1ª interface (eth0) com o endereço IP fixo 192.168.0.1 que seria, no caso, a rede LTSP e a 2ª interface (eth1) com o IP dinâmico recebido do servidor DHCP da rede do TRE-RN, conforme figura 2.

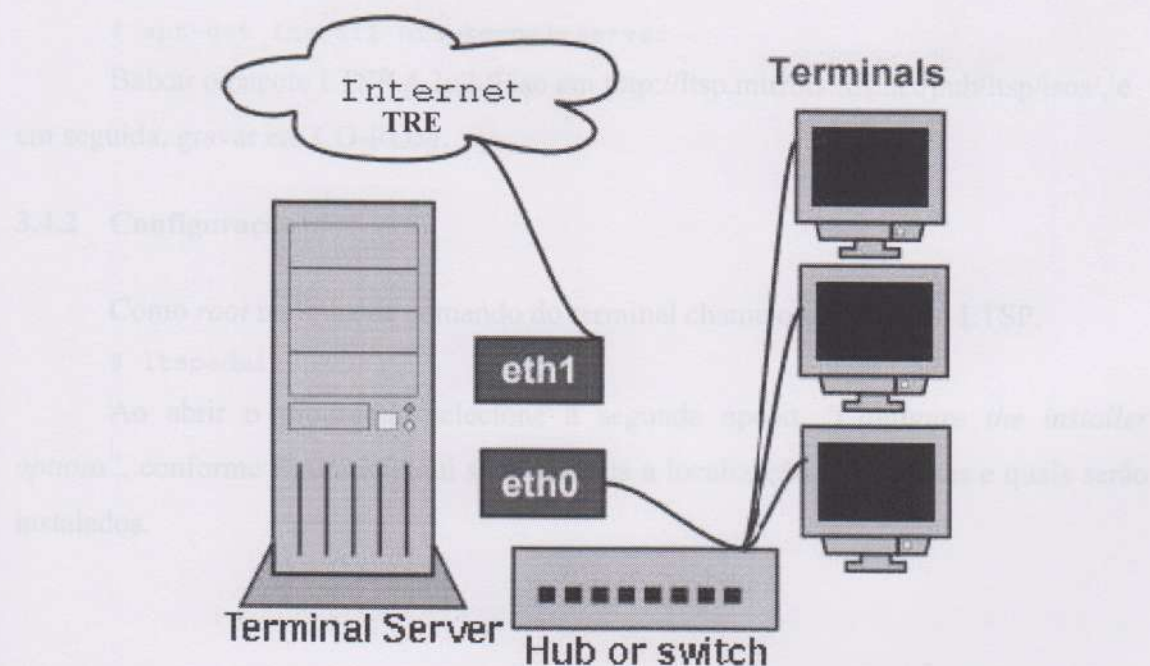


Figura 2: Topologia da rede LTSP

Para facilitar o entendimento, serão apresentados, de forma seqüencial, todos os procedimentos de instalação e configuração do servidor LTSP.

3.4.1 Instalação

No Ubuntu, entrar no terminal de linha de comando como *root*:

```
$ sudo su -
```

Atualizar lista de pacotes:

```
# apt-get update
```

Baixar o pacote `ltsp-utils_0.25_all.deb` em

<http://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/utils>

Na pasta onde foi baixado o pacote, executar o comando:

```
# dpkg -i ltsp-utils_0.25_all.deb
```

Instalar o servidor DHCP:

```
# apt-get install dhcp3-server
```

Instalar o servidor TFTP:

```
# apt-get install tftpd-hpa
```

Instalar o servidor NFS:

```
# apt-get install nfs-kernel-server
```

Baixar o pacote `LTSP-4.2u2-0.iso` em <http://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/isos/>, e em seguida, gravar em CD-ROM.

3.4.2 Configuração

Como *root* na linha de comando do terminal chame o utilitário do LTSP.

```
# ltspadmin
```

Ao abrir o programa, selecione a segunda opção, "*Configure the installer options*", conforme figura 3. Aqui será definida a localização dos pacotes e quais serão instalados.

```

ltspadmin - v0.17                                LTSP dir: /opt/ltsp-4.2
LTSP Administration Utility

  Install/Update LTSP Packages
  Configure the installer options
  Configure LTSP

  Quit the administration program

```

Figura 3: Menu ltspadmin

Logo no início, por padrão, o instalador se oferece para baixar os pacotes via web. Utilizaremos o iso LTSP-4.2u2-0 gravado em cd-rom anteriormente¹.

Nessa opção (figura 4), basta alterar o valor default para "*File:///cdrom*" quando ele pergunta "*Where to retrieve packages from?*". Quanto às demais, deve-se manter o valor padrão.

```

LTSP Installer configuration

Where to retrieve packages from?
[http://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/ltsp-4.2/] file:///cdrom

In which directory would you like to place the LTSP client tree?
[/opt/ltsp]

If you want to use an HTTP proxy, enter it here
Use 'none' if you don't want a proxy
Example: http://proxy.yourdomain.com:3128

[none]

If you want to use an FTP proxy, enter it here
(Use 'none' if you don't want a proxy)

[none]

Correct? (y/n/c) █

```

Figura 4: Menu de configuração de instalação do LTSP

De volta à tela inicial, a opção a ser escolhida será a primeira "*Install/Update LTSP Packages*". Pressione a tecla "**A**" para marcar todos os pacotes e "**Q**" para iniciar a instalação.

¹ A ideia de gravar em CD-ROM foi devido ao tamanho do pacote (100MB) e a facilidade de futuras reinstalações devido a constantes testes.

Na tela seguinte, figura 5, será mostrada os pacotes sendo instalados. Deve-se aguardar a instalação terminar até que seja solicitado pressionar <ENTER> para passar para a próxima etapa.

ltsp-ltsp-tree-1.15-0-i386.tgz	0.03mb	100%
ltsp-glibc-1.0-1-i386.tgz	8.15mb	100%
ltsp-libusb-1.1-0-i386.tgz	0.26mb	100%
ltsp-x-fonts-1.6-0-i386.tgz	19.49mb	100%
ltsp-x-core-1.6-0-i386.tgz	20.77mb	100%
ltsp-freetype-1.1-0-i386.tgz	0.56mb	100%
ltsp-x-fonts-100dpi-1.6-0-i386.tgz	12.08mb	100%
ltsp-xinetd-1.2-0-i386.tgz	0.08mb	100%
ltsp-perl-1.0-0-i386.tgz	6.76mb	100%
ltsp-rdesktop-1.7-0-i386.tgz	0.22mb	100%
ltsp-gdb-1.1-0-i386.tgz	1.54mb	100%
ltsp-modules-2.6.17.3-ltsp-1-0-i386.tgz	8.07mb	100%
ltsp-kernel-2.6.17.3-ltsp-1-0-i386.tgz	5.25mb	100%
ltsp-zlib-1.0-1-i386.tgz	0.02mb	100%
ltsp-snmpd-1.1-0-i386.tgz	3.82mb	100%
ltsp-ltspfsd-0.5-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-sysvinit-1.1-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-bash-1.1-0-i386.tgz	0.33mb	100%
ltsp-audiofile-1.1-0-i386.tgz	0.07mb	100%
ltsp-yppbind-1.1-0-i386.tgz	0.02mb	100%
ltsp_nasd-1.2-0-i386.tgz	0.61mb	100%
ltsp-module-init-tools-3.3-0-i386.tgz	0.04mb	100%
ltsp-libvncserver-1.1-0-i386.tgz	0.07mb	100%
ltsp-lbuscd-0.6-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-libpng-1.1-0-i386.tgz	0.19mb	100%
ltsp-udev-1.0-0-i386.tgz	0.14mb	100%
ltsp-nbd-1.0-0-i386.tgz	0.03mb	100%
ltsp-ssh-1.1-0-i386.tgz	2.05mb	100%
ltsp-haltsys-1.1-0-i386.tgz	0.00mb	100%
ltsp-localdev-1.3-0-i386.tgz	0.00mb	100%
ltsp-popt-1.2-0-i386.tgz	0.10mb	100%
ltsp-tcp_wrappers-1.1-0-i386.tgz	0.03mb	100%
ltsp-open-1.2-0-i386.tgz	0.00mb	100%
ltsp-pam-1.1-0-i386.tgz	0.12mb	100%
ltsp-aumix-1.1-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-util-linux-1.1-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-udev-rules-1.2-0-i386.tgz	0.01mb	100%
ltsp-busybox-1.1-0-i386.tgz	0.08mb	100%

Figura 5: Instalando os pacotes LTSP

3.4.3 Configurando servidor DHCP

O servidor DHCP é o primeiro a ser acessado pela estação. O servidor DHCP responde à estação entregando as configurações da rede e dizendo qual *Kernel* ou cliente PXE a estação deve carregar e em qual compartilhamento de rede (no servidor) onde está o sistema a ser carregado por ela. O pacote “dhcp3-server” deve ser instalado:

```
# apt-get install dhcp3-server
```

A seguir um modelo geral de como configurar o arquivo responsável pela entrega do endereço IP de sua estação. Deve-se editar o arquivo `/etc/dhcp3/dhcpd.conf`:

```
# gedit /etc/dhcp3/dhcpd.conf
```

Para facilitar o exemplo, o arquivo foi dividido em duas seções: REDE e TERMINAL:

```
shared-network REDE {
    subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
        default-lease-time 21600;
        max-lease-time 21600;
        option subnet-mask 255.255.255.0;
        option broadcast-address 192.168.0.255;
        option routers 192.168.0.1;
        option domain-name-servers 192.168.0.1;

        deny unknown-clients;
        # range 192.168.0.100 192.168.0.201;

        option root-path "192.168.0.1:/opt/ltsp/i386";
        next-server 192.168.0.1;
    }
}
```

```
TERMINAL {
```

```
    use-host-decl-names on;
```

```
    # terminal 1:
```

```
    host ws001 {
```

```
        hardware ethernet 00:E0:7D:B2:E5:83;
```

```
        fixed-address 192.168.0.11;
```

```
        filename "lts/2.6.17.3-ltsp-1/pxelinux.0";
```

```
    }
```

```
    # terminal 2:
```

```
    host ws002 {
```

```
        hardware ethernet 00:D0:09:A2:9B:8D;
```

```
        fixed-address 192.168.0.12;
```

```
        filename "lts/2.6.17.3-ltsp-1/pxelinux.0";
```

```
    }
```

```
}
```

Na sessão REDE, é fornecido as configurações da rede, como a máscara de sub-rede, o endereço do default gateway e o DNS do provedor. A opção "**deny unknown-clients;**" faz com que o servidor DHCP disponibilize endereços IP's apenas aos clientes do terminal server, sem conflitar com um servidor DHCP já existente. Para fazer com que o servidor DHCP atribua endereços para micros da rede que não sejam terminais leves, deve-se acrescentar o caractere "#" à linha "**deny unknown-clients;**" e retirar o caractere "#" que comenta a linha "**# range 192.168.0.100 192.168.0.201;**", informando a faixa de endereços usada pelos clientes que não estejam cadastrados como terminais. Esse exemplo foi testado e funcionou de forma eficaz. Por questão de conflito, não se deve habilitar as duas linhas ao mesmo tempo.

Em "**option root-path "192.168.0.1:/opt/ltsp/i386";**" é fornecido tanto o endereço IP usado pelo servidor LTSP quanto a pasta que o cliente deve usar como diretório raiz. Note que o "/opt/ltsp/i386" representa a pasta de instalação do LTSP, que é montada pelos clientes como diretório-raiz durante o boot.

Na sessão TERMINAL, onde é fornecido o endereço MAC de cada um dos terminais, o "**fixed-address 192.168.0.11;**" é o endereço IP que o servidor DHCP dará para cada terminal, vinculado ao endereço MAC da placa de rede e o arquivo que ele carregará durante o boot. Nesse caso, como exemplo, a estação ws001 receberá o IP 192.168.0.11, conforme exemplo abaixo:

```
host ws001 {
    hardware ethernet 00:E0:7D:B2:E5:83;
    fixed-address 192.168.0.11;
    filename "lts/2.6.17.3-ltsp-1/pxelinux.0";
}
```

Esta configuração pode ser repetida indefinidamente, uma vez para cada terminal que adicionar, mudando apenas o nome do terminal, o MAC da placa e o IP que será usado por ele.

Caso o cliente use o protocolo PXE embutido na sua placa-mãe para realizar o boot de rede, esse é capaz de carregar apenas arquivos pequenos, de no máximo 32k. Por isso, antes de carregar o *Kernel* é necessário carregar um bootstrap. O script

pxelinux.0, mencionado anteriormente, é quem se responsabiliza por obter a configuração via DHCP e carregar o *Kernel*, dando início ao boot.

Os arquivos de boot são instalados por padrão dentro da pasta `"/tftpboot"`. Poderá existir uma pasta separada para cada *Kernel* disponível, como em: `"2.6.17.3-ltsp-1"`. A pasta contém um conjunto completo, com o respectivo *Kernel*, um arquivo `initrd`, o arquivo `pxelinux.0` e um arquivo de configuração para ele próprio, o `"pxelinux.cfg/default"`. Esse arquivo contém instruções que serão executadas pela estação ao carregar o arquivo `pxelinux.0`, incluindo a localização do *Kernel* e do arquivo `initrd` correspondente.

Na versão 4.2 a configuração do `"filename "lts/2.6.17.3-ltsp-1/pxelinux.0";"` já incorpora tanto os clientes PXE quanto os clientes que dão boot usando os discos do Etherboot. Foi essa versão do *kernel* que foi testado em laboratório.

Observa-se que sempre na configuração de um servidor com duas placas de rede, é importante que o servidor DHCP esteja configurado para escutar apenas na placa da rede local. Foi configurado em `dhcp3-server` a interface `eth0` para escutar a placa de rede local.

```
# /etc/default/dhcp3-server
```

Dentro do arquivo `dhcp3-server` deverá está configurado a placa que o servidor DHCP escutará, conforme linha abaixo:

```
INTERFACES="eth0"
```

3.4.4 Configurando o servidor TFTP

O TFTP é um protocolo simples, baseado no FTP (File Transfer Protocol), para transferência de arquivos. Ele é geralmente usado para transferir arquivos de inicialização para estações sem disco. No LTSP é utilizado um servidor **tftpd-hpa** para enviar o *kernel* e o código Etherboot para os clientes.

Instalando o pacote do serviço TFTP:

```
#apt-get install tftpd-hpa
```

No arquivo `/etc/default/tftpd-hpa`, conforme procedimento abaixo, para ativar o serviço e designar a pasta que será compartilhada com o servidor TFTP, as seguintes linhas devem ser alteradas:

```
#Defaults for tftpd-hpa
RUN_DAEMON="yes"
OPTIONS="-l -s /tftpboot"
```

Para que a alteração entre em vigor, o serviço `tftpd-hpa` deve ser reiniciado:

```
# /etc/init.d/tftpd-hpa restart
```

No arquivo `/etc/inetd.conf` apenas a linha abaixo deverá estar ativa.

```
tftp dgram udp wait root /usr/sbin/in.tftpd -s /tftpboot -r blksize
```

Essa linha configura o TFTP para utilizar o diretório `/tftpboot` como raiz.

Para que a alteração entre em vigor, o serviço `tftpd-hpa` deverá ser reiniciado.

```
# /etc/init.d/inetd restart
```

3.4.5 Usando o programa `ltspcfg`

O programa `ltspcfg` é muito útil na criação de todos os arquivos de configuração do servidor LTSP. Todos os serviços são ativados numa configuração padrão, basta adequar conforme as necessidades de sua rede.

Para executar o programa `ltspcfg` o usuário deverá estar logado como `root`.

```
# ltspcfg
```

Logo em seguida, ao ser escolhida a opção C e teclado enter, a seguinte tela

(Figura 6) irá aparecer.

```

ltspcfg v0.16          The Linux Terminal Server Project (http://www.LTSP.org)

1 - Runlevel
2 - Interface selection
3 - DHCP configuration
4 - TFTP configuration
5 - Portmapper configuration
6 - NFS configuration
7 - XDMCP configuration
8 - Create /etc/hosts entries
9 - Create /etc/hosts.allow entries
10 - Create /etc/exports entries
11 - Create lts.conf file

R - Return to previous menu
Q - Quit

Make a selection: █

```

Figura 6: Menu de configuração do LTSP

Na tela em questão, os itens 1, 3, 4 e 5 não serão citados por já estarem configurados na instalação dos servidores. Deve-se escolher as opções sequencialmente:

2 - Interface selection: Identifique qual a interface que as estações irão escutar no servidor. No caso em estudo foi configurado a "**eth0**".

6 - NFS configuration: De forma automática o utilitário instala e configura os arquivos necessários. O NFS é uma aplicação cliente/servidor utilizada para exportar diretórios através da rede. No Projeto, é utilizado o NFS para o cliente usar uma área do disco do servidor como sistema de arquivos. Esta área está configurada como somente leitura e contém o *kernel*.

7 - XDMCP configuration: O suporte a XDMCP (X Display Manager Control Protocol), permite que às outras máquinas da rede rode aplicativos instalados no servidor, vem desativado por padrão. Na opção 7 será escolhido "Y" quando perguntar "**Do you want to enable gdm ?**". O GDM (*Gerenciador de Login para o Gnome*) será o gerenciador que irá disponibilizar as telas do servidor para os terminais. Para manter o acesso ao servidor usando o modo gráfico foi escolhida a opção "N" na pergunta: "**Do you want to disable the graphical login on the server ?**". O XDMCP não utiliza nenhum tipo de encriptação ou compressão, simplesmente transmite os dados da forma mais simples e rápida.

8 - Create /etc/hosts entries: Mapeamento de endereços IP para nome de máquina. Em ambiente LTSP, faz-se necessário que exista um mapeamento de endereços IP para nome de host. Isto porque sem ele, o NFS acusará erros de permissão

de acesso quando a estação de trabalho tenta montar o sistema de arquivos raiz. Além dos problemas com o NFS, se a estação de trabalho não estiver listada no arquivo `/etc/hosts`, outros problemas poderão aparecer com os gerenciadores de telas GDM ou KDM.

9 - Create `/etc/hosts.allow` entries: Nos testes realizados em laboratório não foi necessário a criação deste arquivo de configuração. No entanto, alguns autores relatam que é essencial que a linha "**ALL : 127.0.0.1 192.168.0.0/24**" esteja presente no arquivo **hosts.allow**, caso contrário o sistema recusará as conexões dos clientes mesmo que os serviços estejam corretamente ativados.

10 - Create the `/etc/exports` file: Este é o arquivo usado pelo NFS para determinar quais diretórios permitem ser montados por máquinas remotas. Note que o diretório está disponibilizado como somente leitura, na faixa de IP em que foi configurada a rede, para que não possam ser acessados por usuários externos.

```
/opt/ltsp 192.168.0.0/255.255.255.0(ro,no_root_squash, sync)
```

11 - Create the `lts.conf` file: A configuração para cada estação é direcionada por entradas no arquivo `lts.conf`. O `lts.conf` pode ser dividido em duas partes. A primeira contém as configurações default, que são usadas por todas as estações. A segunda seria a sessão que especifica opções adicionais para cada estação. Ou seja, cada estação poderá ter configurações padrão para todas as estações como também configurações próprias, particulares para aquela estação. Isso permite que uma estação seja configurada para usar mouse serial e teclado US Internacional, mesmo que todas as demais usem mouses PS/2 e teclados ABNT2.

Para estações razoavelmente modernas com um barramento PCI, não será necessária nenhuma entrada adicional no `lts.conf`. Porém, é importante que o arquivo exista.

Abaixo, está descrito como exemplo de sessão default, a configuração usada no servidor LTSP em laboratório.

servidor ainda a configuração similar para cada um deles:

```
[Default]
SERVER = 192.168.0.1
XSERVER = vesa
X_MODE_0 = 800x600
```

```

X_VERTREFRESH      = 60
X_COLOR_DEPTH      = 16
X_MOUSE_PROTOCOL    = "PS/2"
X_MOUSE_DEVICE      = "/dev/psaux"
X_MOUSE_RESOLUTION  = 400
X_MOUSE_BUTTONS     = 3
XkbModel            = ABNT2
XkbLayout           = br
USE_XFS              = N
SCREEN_01           = startx
RUNLEVEL            = 5
LOCAL_STORAGE       = Y

```

Levando em consideração a diversidade de configuração de micros antigos, como relatado anteriormente, o pesquisador poderá criar sessões próprias para cada terminal. As sessões podem ser identificadas pelo nome de host, pelo endereço IP ou pelo endereço MAC.

[ws001]

```

USE_NBD_SWAP      = Y
SWAPFILE_SIZE      = 48mb
RUNLEVEL          = 5

```

[ws002]

```

XSERVER           = XF86_SVGA
LOCAL_APPS        = N
USE_NBD_SWAP      = Y
SWAPFILE_SIZE      = 64mb
RUNLEVEL          = 3

```

Essa identificação própria de cada estação está diretamente relacionada a configuração do arquivo **"dhcpcd.conf"**. Os endereços MAC de cada placa de rede com um nome de terminal e endereço IP específico na configuração do DHCP e as características dos terminais descritos nas sessões no arquivo **"lts.conf"**, possibilita ao servidor enviar a configuração correta para cada um deles.

A variedade de configuração encontrado nas sessões é proporcional a diversidade de equipamentos usados como terminais leves. Existem configurações para vários tipos de drivers de vídeo, como teclado, mouse

O LTSP inclui um recurso de swap via rede, destinado as estações com 32 MB de RAM ou menos. Ela permite que a estação (que não possui um HD local) faça swap usando o HD do servidor, o que permite usar micros com a partir de 8 MB de RAM como terminais.

Até o LTSP 4.1 era usando um sistema de swap via NFS, que era relativamente lento. No LTSP 4.2 passou a ser usado um novo sistema de swap via NBD (Network Block Device), que, além de mais rápido, é mais estável.

No site <http://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/utis/> será encontrado o arquivo **ltsp-server-pkg-ubuntu_0.1_i386.deb** para instalação, juntamente com versões para outras distribuições.

O pacote ltsp-server inclui o serviço "ltspswapd", responsável pelo swap via rede no LTSP 4.2. O serviço deverá ser ativado e configurado para subir durante o boot:

```
# /etc/init.d/ltspswapd start
# update-rc.d -f ltspswapd defaults
```

Para que as estações com baixo recurso de memória RAM possam realizar swap no servidor, deverá ser acrescida a linha abaixo dentro do arquivo lts.conf, conforme exemplo já descrito acima.

```
USE_NBD_SWAP = Y
```

O padrão é armazenar os arquivos de swap dentro da pasta "/var/spool/ltspwap" do servidor, permitindo que cada cliente use um máximo de 64 MB.

3.5 NOVIDADES NA VERSÃO 4.2

No LTSP 4.2 passou a ser usado um sistema novo e quase revolucionário de acesso a dispositivos locais, muito mais simples, funcional e robusto que o anterior. Ao inserir um CD-ROM no drive ou plugar um *pendrive*, são criados ícones no desktop, que desaparecem automaticamente ao ejetar o CD ou remover o *pendrive*. Existe suporte também a drive de disquetes.

Existe um guia mais detalhado que mostra as mudanças no suporte a dispositivos locais e as mudanças na instalação em: <http://wiki.ltsp.org/twiki/bin/view/Ltsp/LTSP-42-LocalDev>.

O LTSP 4.2 utiliza o módulo *fuse* e o *udev* para permitir acesso aos dispositivos nas estações. O *fuse* é um módulo que permite montar sistemas de arquivos usando um *login* normal de usuário, ao invés do *root*, enquanto o *udev* cuida da detecção de *pendrives* e outros dispositivos conectados na porta USB.

Os seguintes pacotes utilitários e bibliotecas serão instalados:

```
# apt-get install fuse-utils libfuse2 libx11-protocol-perl
```

É importante ter certeza que o módulo *fuse* esteja disponível no servidor. Utilize o comando *modprobe fuse* no terminal de comandos para confirmar.

No arquivo **"/etc/modules"** deverá está gravado a linha **fuse**. Como também no arquivo **"/etc/fuse.conf"** a linha **user_allow_other**, por questão de garantia.

Para que os usuários possam utilizar esse recurso todos devem está dentro do grupo "fuse". Nas versões mais atualizadas, tanto do Kurumin quanto do Ubuntu, os usuários cadastrados anteriormente já se encontravam no grupo fuse. Utiliza-se o comando "adduser" para acrescentar novos usuários no grupo.

```
# adduser Francisco fuse
```

O pacote que reconhece os dispositivos locais é o mesmo que ativa o suporte a swap, **ltsp-server-pkg-debian_0.1_i386.deb**.

```
# dpkg -i ltsp-server-pkg-debian_0.1_i386.deb
```

Para fazer com que os dispositivos locais comecem a funcionar deverá ser adicionado a seguinte linha no arquivo **"/opt/ltsp/i386/etc/lts.conf"**:

```
[Default]
.
.
.
# LOCAL_STORAGE = Y
```

Para indicar o módulo que ativa suporte a USB 2.0 deverá ser acrescentado a linha "**MODULE_01 = ehci-hcd**". Existem alternativas de configuração como "**ohci-hcd**" ou "**uhci-hcd**", caso a anterior não funcione.

O suporte a impressora também funciona de forma robusta. Para configurar uma impressora em um terminal as seguintes linhas no arquivo "**/opt/ltsp/i386/etc/lts.conf**" deverão existir:

- a. Para uma impressora paralela:

```
[ws001]
PRINTER_0_DEVICE = /dev/lp0
PRINTER_0_TYPE   = P
```

- b. Para uma impressora USB com o Kernel 2.6 do LTSP 4.2:

```
[ws001]
MODULE_01 = ohci-hcd
MODULE_02 = usb-lp
PRINTER_0_DEVICE = /dev/usb/lp0
PRINTER_0_TYPE   = S
```

No servidor LTSP, o driver da impressora instalada no terminal deverá estar configurado para suportar conexão remota.

Apenas o suporte a som ainda é um pouco problemático e trabalhoso de configurar, mas com um pouco de dedicação é possível usar todos os recursos da estação, da mesma forma que usaria um PC local, porém tirando vantagem da melhor velocidade, administração centralizada e outras vantagens do LTSP.

Figura 7: Gráfico de Monitoramento de Recursos

Para teste de desempenho foram utilizados vários sites dinâmicos e aplicações de escritório ao mesmo tempo. Conforme a figura 7, o processador do servidor LTSP apresentava 31% de utilização de seus recursos, sem demonstrar esforço de processamento. Porém, em se tratando de memória RAM, os 512 MB utilizados no servidor LTSP para os 6 terminais demonstrou preocupação, pois, conforme James McQuillan (2006), o nível de segurança aceitável seria de 80%. O gráfico em questão apresenta a utilização de 84,7% de uso de memória.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram utilizados 6 terminais (microcomputadores antigos) durante os testes em laboratório. Durante os testes ao ligar os terminais de forma seqüencial verificou-se um crescimento do uso da memória RAM acentuado, como pode ser observado na Figura 7, chegando ao pico de 87% e se estabilizando em 84,7% com plena carga.



Figura 7: Gráfico de Monitoramento de Recursos

Para teste de desempenho foram utilizados vários sites dinâmicos e aplicações de escritório ao mesmo tempo. Conforme a figura 7, o processador do servidor LTSP apresentava 21% de utilização de seus recursos, sem demonstrar esforço de processamento. Porém, em se tratando de memória RAM, os 512 MB utilizados no servidor LTSP para os 6 terminais demonstrou preocupação, pois, conforme James McQuillan (2006), o nível de segurança aceitável seria de 80%. O gráfico em questão apresenta a utilização de 84,7% de uso de memória.

Em seu texto, James McQuillan (2006) segue afirmando, "Com 756MB de memória RAM o servidor suporta até 10 terminais, chegando a um consumo de 80% de memória. Um servidor LTSP com 2 GB de memória RAM suporta bem 25 terminais". Só resta obedecer à lei da proporcionalidade direta onde a regra diz que para cada terminal acrescente 50MB de memória RAM, iniciando o servidor com 256MB.

Esta realidade hoje, se faz presente no TRE-RN basicamente devido, principalmente, a três situações:

- a) Aumento no quadro de funcionários, onde demanda a aquisição de novos equipamentos como ferramenta de trabalho;
- b) Atualização de novas versões dos softwares da Microsoft, devido a sua robustez, exigindo máquinas mais potentes, com alto poder de memória e processamento;
- c) Investimento na informatização das Zonas Eleitorais do Interior do RN e Centros de Cidades.

A proposta do projeto seria a reutilização de equipamentos antigos, adicionando o software livre LTSP para atender eleitores através da criação de um Telecentro de Justiça Eleitoral durante o período que antecede as eleições.

Essas foram as ideias com o qual se acessando o Centro de Eleições do RN, via Huxover, quando a situação fizesse.

Em período que não houver a necessidade do uso do Telecentro, a estrutura montada poderá ser aproveitada para treinamento no ambiente Linux.

Durante os testes observou-se que mesmo trabalhando com equipamentos modestos o LTSP demonstrou ser um sistema robusto, seguro e fácil de administrar, atendendo bem as necessidades do projeto.

Finalmente, levando em consideração ao custo zero de investimento, esse projeto poderá ajudar ao TRE-RN na realização do programa "Inclusão Digital", que faz parte do seu Planejamento Estratégico, atuando como agente facilitador do acesso à informação, oferecendo cultura, lazer, educação e conhecimento das novas tecnologias junto às comunidades carentes.

5 CONCLUSÃO

Muitas Instituições, sejam públicas ou privadas e tendo orçamento financeiro, investem em atualizações de seus computadores de três em três anos.

Essa realidade, hoje, se faz presente no TRE-RN basicamente devido, principalmente, a três situações:

- a) Aumento no quadro de funcionários, onde demanda a aquisição de novos equipamentos como ferramenta de trabalho;
- b) Atualização de novas versões dos softwares da Microsoft, devido a sua robustez, exigindo máquinas mais poderosas, com alto poder de memória e processamento;
- c) Investimento na informatização das Zonas Eleitorais do Interior do RN e Centrais do Cidadão.

A proposta do projeto seria a reutilização de equipamentos antigos, utilizando o software livre LTSP para atender eleitores através da criação de um Telecentro da Justiça Eleitoral, durante o período que antecede as eleições.

Testes foram realizados com sucesso acessando o Cadastro de Eleitores do RN, via Browser, usando aplicação Java.

Em período que não houver a necessidade do uso do Telecentro, a estrutura montada poderá ser aproveitada para treinamento no ambiente Linux.

Durante os teste observou-se que mesmo trabalhando com equipamentos modestos o LTSP demonstrou ser um sistema robusto, seguro e fácil de administrar, atendendo bem as necessidades do projeto.

Finalmente, levando em consideração ao custo zero de investimento, esse projeto poderá ajudar ao TRE-RN na realização do programa "Inclusão Digital", que faz parte de seu Planejamento Estratégico, atuando como agente facilitador ao acesso à informação, oferecendo cultura, lazer, diversão e conhecimento de novas tecnologias junto às comunidades carentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, Afonso Jorge Ferreira. **NFS – Network File System**. 2003. Disponível em: <http://penta.ufrgs.br/rc952/trab1/nfs.html>. Acesso em: 27 abr 2007.

DUTRA, Marlon. **LTSP - Linux Terminal Server Project**. 2004. Disponível em: <http://hackers.propus.com.br/~marlon/ulbra/>. Acesso em: 27 abr 2007.

GAVIDIA, Jorge Juan Zavaleta. **TFTP (Trivial File Transfer Protocol)**. 2004. Disponível em: <http://penta.ufrgs.br/rc952/trab1/tftp.html>. Acesso em: 28 abr 2004.

LTSP.ORG. Disponível em <http://wiki.ltsp.org/twiki/bin/view/Ltsp/LTSP-42-LocalDev>
Acesso em: 26 mai 2007

LTSP MIRRORS. Disponível em <ftp://ltsp.mirrors.tds.net/pub/ltsp/utis/>.
Acesso em: 26 mai 2007

MCQUILLAN, James. **LTSP - Linux Terminal Server Project – v4.1**. 2005. Disponível em: <http://wiki.ltsp.org/twiki/bin/view/Ltsp/Documentation>.
Acesso em: 24 fev 2007.

MCQUILLAN, James. **LTSP Server Sizing**. 2006. Disponível em: <http://wiki.ltsp.org/twiki/bin/view/Ltsp/ServerSizing>. Acesso em: 15 mai 2007.

MORIMOTO, Carlos Eduardo. **Redes e Servidores Linux: Guia Prático**. 2ªEd. Porto Alegre : Sul Editores, 2006.

WIKIPEDIA. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lts>. Acesso em: 24 fev 2007.