

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA - COMUNICAÇÕES

OUTRAS APOSTILAS EM:
www.projetoderedes.com.br

**APLICAÇÃO DE VOIP NA CONVERGÊNCIA DE
DADOS E VOZ CORPORATIVOS**

GERSON TAKASHI WATANABE

Curitiba

2006

GERSON TAKASHI WATANABE

**APLICAÇÃO DE VOIP NA CONVERGÊNCIA DE
DADOS E VOZ CORPORATIVOS**

Curitiba

2006

GERSON TAKASHI WATANABE

**APLICAÇÃO DE VOIP NA CONVERGÊNCIA DE
DADOS E VOZ CORPORATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à disciplina Trabalho de
Diplomação, como requisito parcial para
obtenção de grau de Tecnólogo em
Eletrônica – Modalidade Comunicações,
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Orientador: Prof. Msc. Luis Carlos
Vieira

Curitiba

2006

GERSON TAKASHI WATANABE

**APLICAÇÃO DE VOIP NA CONVERGÊNCIA DE
DADOS E VOZ CORPORATIVOS**

Este Trabalho de Diplomação para Tecnologia foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica – Modalidade Comunicações, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 13 de novembro de 2006.

Profa. Msc. Simone Massulini Acosta
Coordenadora de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Profa. Dra. Denise Elizabeth Hey David
Coordenadora de Trabalho de Diplomação
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Profa. Msc. Simone Crocetti Pereira

Prof. Msc. Luis Carlos Vieira (Orientador)

Prof. Msc. Vagner Gonçalves Leitão

Dedico este trabalho em memória aos meus
pais Iuzo Watanabe e Julia M. Watanabe,
minha querida família e à minha amada
companheira Cynthia Custel.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
RESUMO	8
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PERSPECTIVAS DA TELEFONIA CORPORATIVA	10
1.2 CENÁRIO EM ANÁLISE	10
1.3 CENÁRIO EM VISTA	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
1.5.1 ANÁLISE DE DEMANDA DE SERVIÇOS	13
1.5.2 MEDIÇÃO DE TRÁFEGO EM CIRCUITOS COMUTADOS DE VOZ	14
1.5.3 MEDIÇÃO DE TRÁFEGO EM REDE DE DADOS	14
1.5.4 CÁLCULO DO TRÁFEGO DE VOZ SOBRE REDE DE DADOS	14
1.5.5 ANÁLISE DE RECURSOS DISPONÍVEIS	15
1.5.6 PROJEÇÃO DE RECURSOS NECESSÁRIOS	15
1.5.7 ESTUDO SOBRE VIABILIDADE FINANCEIRA	15
1.5.8 CONFIGURAÇÃO E SIMULAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REDE EM LABORATÓRIO	15
1.5.9 PROGRAMAÇÃO E SIMULAÇÃO DA RMC (ROTA DE MENOR CUSTO) NAS CENTRAIS PRIVADAS	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 TELEFONIA PÚBLICA	17
2.1.1 CENTRAIS DE COMUTAÇÃO	18
2.1.1.1 Centrais de comutação manual	18
2.1.1.2 Centrais com comando direto	18
2.1.1.3 Centrais de comando central ou comum	19
2.1.1.4 Centrais CPA – Central por Programa Armazenado	19
2.1.2 ESTRUTURA DA REDE DE TELEFONIA	20
2.1.2.1 Plano de numeração aberto	20
2.1.2.2 Plano de numeração fechado	21
2.1.2.3 Estrutura das redes interurbanas	21
2.1.2.4 Tarifação	22
2.1.3 ESTRUTURA DA REDE DE TELEFONIA NO BRASIL	23
2.1.3.1 Plano de numeração nacional	23
2.1.3.2 Degraus tarifários	24
2.2 TELEFONIA PRIVADA	25
2.2.1 CONCEITOS DE CENTRAIS PRIVADAS	25

2.2.2	MODALIDADES DE CENTRAIS PRIVADAS	26
2.2.2.1	KS (<i>Key System</i>)	26
2.2.2.2	KS Digital	26
2.2.2.3	PBX	26
2.2.2.4	PABX	27
2.2.3	RECURSOS DAS CENTRAIS PRIVADAS	27
2.2.3.1	RMC – Rota de Menor Custo	27
2.2.3.2	Outras funcionalidades gerais	28
2.3	TRÁFEGO TELEFÔNICO	29
2.3.1	TEORIA DE AGNER ERLANG	29
2.3.2	CONCEITOS DE TRÁFEGO TELEFÔNICO	30
2.3.3	GENERALIDADES	30
2.3.4	MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE TRÁFEGO	32
2.3.5	PROPRIEDADES DA CENTRAL DE COMUTAÇÃO	33
2.3.6	PROPRIEDADES ESTATÍSTICAS DO TRÁFEGO OFERECIDO	33
2.3.7	GRAU DE SERVIÇO	34
2.3.8	OUTROS ASPECTOS QUE INFLUENCIAM O TRÁFEGO	35
2.4	REDES DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	35
2.4.1	DEFINIÇÃO DE UMA REDE DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	36
2.4.2	TOPOLOGIAS DE REDE	37
2.4.3	PROTOCOLOS DE REDE	39
2.4.4	TIPOS DE REDE	39
2.4.5	TAXA DE TRANSMISSÃO	41
2.4.5.1	Importância da taxa de transmissão	41
2.4.5.2	A unidade da taxa de transmissão	42
2.4.5.3	Throughput	42
2.4.6	ARQUITETURA TCP/IP	43
2.4.6.1	Introdução ao TCP/IP	43
2.4.6.2	Camadas do modelo TCP/IP (aplicação, transporte, <i>Internet</i> e acesso a rede)	43
2.4.7	UDP (<i>USER DATAGRAM PROTOCOL</i>)	45
2.4.7.1	Mensagens UDP	45
2.4.7.2	Encapsulamento UDP	46
2.4.7.3	Mecanismo de portas UDP	46
2.4.8	TCP (<i>TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL</i>)	47
2.4.8.1	Características do TCP	48
2.4.8.2	Formato do segmento TCP	48
2.5	VOZ SOBRE IP	49
2.5.1	SURGIMENTO DA VOZ SOBRE IP	49
2.5.2	IMPORTÂNCIA DA VOZ SOBRE IP	50
2.5.3	FUNCIONAMENTO BÁSICO	51

2.5.4	QUALIDADE DE VOZ	52
2.5.5	MENSURANDO A QUALIDADE DE VOZ	53
2.5.6	H.323	54
2.5.6.1	Principais características	55
2.5.6.2	RTP e RTCP	56
2.5.6.3	Relação entre H.323 e SIP	58
2.5.7	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE VOZ SOBRE IP	60
2.5.7.1	Codec's	60
2.5.7.2	Dimensionamento usando-se o mesmo codificador	62
2.5.7.3	Rede de telefonia IP compartilhada com fluxo de dados	63
2.5.7.4	Priorização de fluxos de voz	64
3	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	65
3.1	DIMENSIONAMENTO	65
3.1.1	RECURSOS DISPONÍVEIS	65
3.1.2	TRÁFEGO DE VOZ	65
3.1.3	TRÁFEGO DE DADOS	66
3.1.4	ESCOLHA DO CODEC	68
3.1.5	CÁLCULO DE TAXA DE TRANSMISSÃO UTILIZADA PELO CODEC	68
3.1.6	CÁLCULO DE TAXA DE TRANSMISSÃO NECESSÁRIA PARA TRÁFEGO DE VOZ	72
3.1.7	RECURSOS NECESSÁRIOS	75
3.2	FORMATAÇÃO DE ROTA DE MENOR CUSTO	79
3.3	VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA	84
3.3.1	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	84
3.3.2	CUSTO MENSAL ATUAL DOS SERVIÇOS TELEFÔNICOS	84
3.3.3	ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM RMC	86
3.4	RESULTADOS E TESTES	90
3.4.1	PROGRAMAÇÃO DE RMC NAS CENTRAIS PABX	90
3.4.2	ANÁLISE E TESTES DE TAXA DE TRANSMISSÃO COM <i>SOFTWARE</i> ETHEREAL	93
3.4.3	ANÁLISE E TESTES DE TAXA DE TRANSMISSÃO COM <i>SOFTWARE</i> LANSTAT	96
4	CONCLUSÃO	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXOS	103
	ANEXO A – RELATÓRIO DE TRÁFEGO TELEFÔNICO	103
	ANEXO B - TABELA ERLANG B	111
	ANEXO C - DETALHAMENTO DE PACOTE IP CAPTURADO EM TESTES	113

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Topologia da rede de comunicação de voz atual
- Figura 2 – Rede comutadora
- Figura 3 – Topologias de rede
- Figura 4 – Exemplo de VPN, *intranet* e *extranet*
- Figura 5 – Divisão conceitual em camadas do modelo TCP/IP
- Figura 6 – Comparação do modelo OSI e TCP/IP
- Figura 7 – Campos do cabeçalho UDP
- Figura 8 – Encapsulamento UDP
- Figura 9 – Exemplo de conexão TCP
- Figura 10 – Formato do segmento TCP
- Figura 11 – Campo *Code Bits* do cabeçalho do segmento TCP
- Figura 12 – Pilha de protocolos H.323
- Figura 13 – Overhead de quadro *Ethernet* (IEEE 802.3)
- Figura 14 – Topologia de rede de comunicação de dados atual
- Figura 15 – Topologia de interligação da interface ELU32 até o *link* de dados
- Figura 16 – Gráfico ilustrativo da taxa de transmissão média
- Figura 17 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráf. Entrante teórico)
- Figura 18 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráf. Sainte teórico)
- Figura 19 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráf. Entrante real)
- Figura 20 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráf. Sainte real)
- Figura 21 – Exemplo de ligações dentro da rede de voz sobre IP
- Figura 22 – *Software* gerador de relatórios de conta telefônica
- Figura 23 – *Software* Winfiol
- Figura 24 – Taxa de transmissão do fluxo RTP (sentido Poa > Cta)
- Figura 25 – Taxa de transmissão do fluxo RTP (sentido Cta > Poa)
- Figura 26 – Impressão de janela captada de relatório no Ethereal
- Figura 27 – Impressão de janela captada durante medições com o *software* Lanstat
- Figura 28 – Gráfico de tráfego de dados observado pelo *software* Lanstat

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Tabela com escala MOS
- Tabela 2 – Tabela comparativa de codecs
- Tabela 3 – Lista de roteadores instalados na planta atual
- Tabela 4 – Lista de pabx e *switch* instalados na planta atual
- Tabela 5 – Tráfego mensurado nos entroncamentos corporativos
- Tabela 6 – Tabela de consumo de banda dos links
- Tabela 7 – Tráfego de voz das localidades
- Tabela 8 – Tráfego oferecido e respectivo número de troncos
- Tabela 9 – Taxa de transmissão média obtida
- Tabela 10 – Nova configuração dos roteadores
- Tabela 11 – Demanda de tráfego de dados prevista – cálculo teórico
- Tabela 12 – Quantidade de placas ELU32 por pabx
- Tabela 13 – Demanda de tráfego de dados prevista – cálculo em função do total de canais
- Tabela 14 – Aumento da taxa de transmissão nas localidades
- Tabela 15 – Matriz de roteamento de ligações da RMC
- Tabela 16 – Áreas tarifárias abrangidas e análise numérica
- Tabela 17 – Orçamento de reestruturação de equipamentos e serviços
- Tabela 18 – Custo anual de chamadas “*OnNet*” e interurbanas
- Tabela 19 – Tarifa de chamadas interurbanas e locais
- Tabela 20 – Média de tarifa das operadoras envolvidas
- Tabela 21 – Relação de custos dos degraus tarifários
- Tabela 22 – Relação de ligações DDD
- Tabela 23 – Tabela de destinos roteáveis e comparação de custos
- Tabela 24 – Resumo de despesas sem RMC
- Tabela 25 – Resumo de despesas com RMC
- Tabela 26 – Custo proporcional de manutenção dos *links* de dados
- Tabela 27 – Valores diagnosticados no tráfego de pacotes oriundo de Curitiba
- Tabela 28 – Classificação qualitativa proporcional a *delay*, *jitter* e perda de pacote
- Tabela 29 – Valores amostrados no *software* Lanstat

RESUMO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnico-mercadológica de um projeto, baseado em uma rede de comunicação de voz sobre IP, que visa tanto a atualização tecnológica como a otimização de recursos utilizados em uma rede de comunicação corporativa, composta inicialmente por centrais telefônicas privadas convencionais e circuitos E1 dedicados de voz.

O cenário em estudo é um ambiente corporativo composto por sete localidades, sendo seis deles possuindo suas centrais telefônicas privadas interligadas através de circuitos privados dedicados para voz e um deles sem nenhum tipo de interligação. Através do estudo de tráfego realizado, notou-se a ociosidade de parte dos recursos disponíveis, possibilitando a formatação do presente trabalho.

A implantação de uma rede de comunicação de voz sobre IP neste cenário atende aos dois principais objetivos do trabalho. O primeiro sendo a atualização tecnológica do sistema, necessária para a longevidade e manutenção dos equipamentos envolvidos, e o segundo sendo os benefícios financeiros envolvidos, gerados a partir da economia proporcionada pelos novos serviços de telefonia e pela otimização de utilização dos recursos alocados.

ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate the technical and market viability of a project, based on a voice over IP communication network. This network was created to get the voice communication environment technological update and optimization of all resources in use by the organization, initially composed by conventional and almost obsolete private telephone exchanges, plus dedicated voice E1 circuits.

The scenario in study is composed by seven corporative sites, being six of the private exchanges linked to each other through dedicated private voice circuits, and one of them without any type of private interconnection. Through a traffic analysis study, it was possible to detect unwanted idleness of the available resources, giving me the opportunity to format and manage the present work.

A voice over IP communication network implantation in a scenario like this, reach the two main objectives of this work. The first one, the technological update of the system, necessary for the longevity and maintenance of the equipment actually installed, and second by the involved financial benefits, that can be generated by fewer expenses on telephony services and optimization of the allocated resources.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PERSPECTIVAS DA TELEFONIA CORPORATIVA

Entende-se por telefonia corporativa sistemas telefônicos utilizados com a finalidade de suprir as necessidades de comunicação de voz de uma organização governamental ou privada. Estes sistemas compõem-se geralmente de equipamentos chamados PABX (*Private Automatic Branch eXchange*) que fornecem comunicabilidade interna e externa à organização. Outros equipamentos como PBX, PAX, PMBX, *Key System* são derivações do PABX, com capacidade e funções variantes.

A comunicabilidade de sistemas corporativos tem se modernizado ao longo dos anos e hoje vemos os atuais sistemas convencionais se convergindo gradativamente na direção de novas tecnologias baseadas em computação distribuída e no tráfego de pacotes, integrando novos serviços e funcionalidades.

A tendência, para os próximos anos é claramente a migração total para voz sobre IP, tanto nas centrais privadas como nas centrais públicas. De fato, algumas operadoras e fabricantes de equipamentos já possuem tais tecnologias disponíveis para operação imediata no mercado, mas não as implantam por razões comerciais e políticas.

A voz sobre IP, em geral, ainda não atingiu a perfeição no que diz respeito a funcionalidade e padronização. Várias organizações, que surgiram em prol da voz sobre IP, não medem esforços para o desenvolvimento da tecnologia e constantemente atualizam documentos e padrões relacionados. Por isso, sistemas híbridos que mesclam voz sobre IP e comutação por circuitos (telefonia convencional analógica ou digital) ainda terão longa vida enquanto os sistemas não migram totalmente para IP.

1.2 CENÁRIO EM ANÁLISE

A rede corporativa de telefonia convencional do sistema em estudo utiliza-se de PABX's localizados em sete cidades no Brasil: São Paulo (SP), Campinas (SP), São José dos Campos (SP), Rio de Janeiro (RJ), Curitiba (PR), Brasília (DF) e Porto Alegre (RS).

Em cada uma dessas localidades (exceto São José dos Campos), os PABX's possuem serviços de duas operadoras. Uma operadora fornece entroncamento E1 DDR (Discagem Direta à Ramal) com sinalização de linha CAS R2 Digital, para conectividade à rede pública de telefonia, e outra operadora fornece um entroncamento E1 com sinalização de linha igual para serviços de telefonia corporativa (comunicação entre os *sites*), sendo que em São José dos Campos existe somente um E1 DDR, que é utilizado em central PABX compartilhada com outra organização empresarial. A telefonia corporativa serve para interligação de todos os *sites*, sendo a operadora responsável pelo roteamento das ligações entre filiais e matriz.

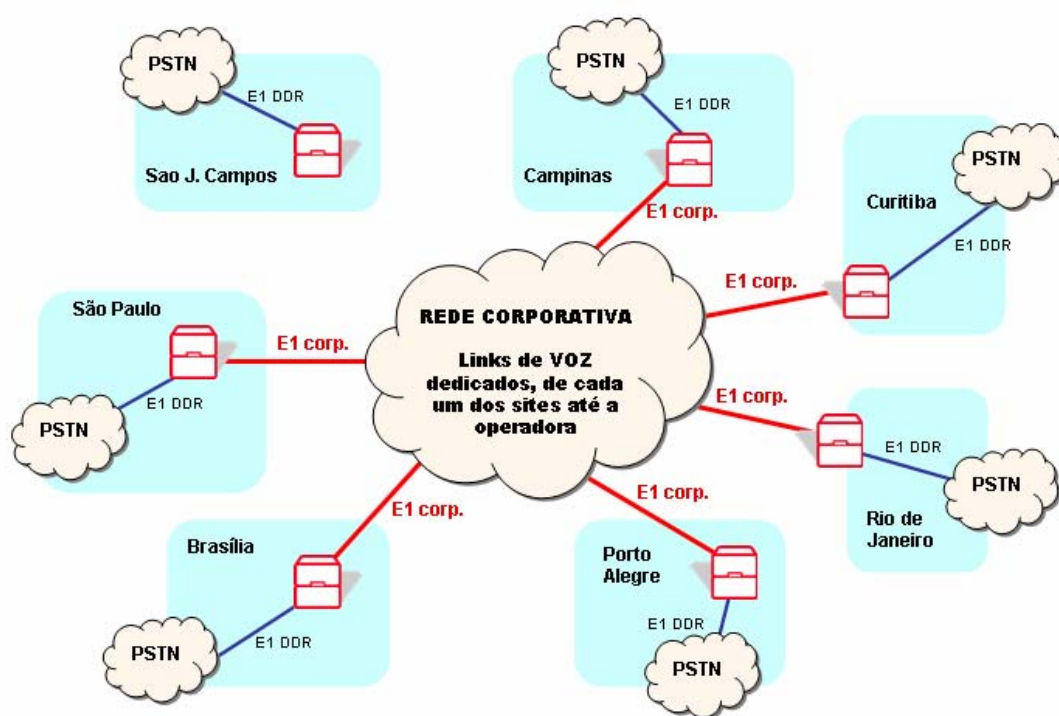


Figura 1 – Topologia da rede de comunicação de voz atual
(fonte: DAMOVO 2006)

A topologia empregada nesta rede de voz faz com que os *sites* não utilizem a rede pública de comutação (PSTN – *Public Switched Telephone Network*). Toda comunicação entre os *sites* utiliza-se do circuito corporativo, exceto no caso de São José dos Campos. Isso acarreta numa diminuição significativa de ligações através da PSTN, visto que em uma organização que tem abrangência geográfica nacional, boa parte das ligações são entre os *sites*. Assim, as ligações não serão tarifadas de forma convencional (como uma linha telefônica residencial) e sim por *link* corporativo contratado. Isso significa utilizar-se do circuito quando e o quanto o *link* suportar, com o serviço prestado sempre tendo o mesmo preço.

Usar um circuito de comutação convencional, dedicado à um único tipo de tráfego, significa sub-utilizar o recurso disponível, dimensionado para um tráfego mais alto do que o verificado. Uma rede de comutação de circuito cria um caminho fixo entre os dois nós na rede para estabelecer a conexão. A conexão estabelecida entre as duas partes é, então, dedicada exclusivamente a esses dois nós. Ocorre então a ociosidade do sistema, se analisarmos pelo ponto de vista de ser um serviço com custo previamente estipulado, independente de quantidade ou duração das chamadas. Paga-se um custo fixo “x” por *link* contratado, e não um custo proporcional ao quanto este *link* foi utilizado.

1.3 CENÁRIO EM VISTA

A exclusão dos circuitos dedicados à telefonia corporativa de todas as localidades aconteceria com a implementação de um novo meio de comunicação entre os *sites*, a voz sobre IP. Com a voz encapsulada dentro de um meio de transmissão de dados baseado no protocolo IP, que utiliza a tecnologia de comutação por pacotes, estaríamos convergindo voz e dados em um mesmo meio de comunicação.

No protocolo IP, cada pacote de dados é enviado pela rede com cada nó intermediário e roteador da rede determinando onde o pacote deve ir. Um pacote não precisa ser roteado sobre os mesmos *links* que os outros pacotes relacionados já passaram, eles podem tomar caminhos diferentes. Além disso, os pacotes podem tomar rotas diferentes em caso de *links* ou nós defeituosos. Isso não acontece em um *link* convencional de voz, onde estabelece-se um caminho físico fixo entre origem e destino da chamada. (Obs: No caso de congestionamento pode ocorrer reroteamento na rede fixa).

Além da convergência de mídias, a customização da rede de telefonia de voz sobre IP seria otimizada com implementações como a RMC (Rota de Menor Custo). A partir de tabelas de roteamento que realizam análise do plano numérico da rede telefônica, a RMC dita quais as melhores rotas (de voz) de acordo com custos pré-definidos.

1.4 OBJETIVOS

Demonstrar a viabilidade técnico-mercadológica de uma rede de comunicação de voz corporativa, visando atualização tecnológica e otimização de recursos utilizados no ambiente em estudo.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o funcionamento do sistema em uso atualmente, verificando-se serviços e recursos disponíveis no atual cenário para comunicação de voz e dados;
- b) Planejar a rede de voz sobre IP propriamente dita, definindo sua estrutura, topologia e roteamentos envolvidos (RMC).
- c) Dimensionar a nova rede, considerando-se que a análise de tráfego no sistema de comutação de circuitos é diferente da comutação de pacotes, para a qual o sistema irá sofrer a migração.
- d) Estimar os custos de implantação da rede de voz sobre IP, assim como o retorno do investimento a ser realizado e respectivos prazos.
- e) Configurar, especificar e testar equipamentos e serviços a serem utilizados, com testes em laboratório disponível na própria sede da empresa.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.5.1 ANÁLISE DE DEMANDA DE SERVIÇOS

A análise verificará os tipos de serviço requeridos (e quantidade), para que o novo sistema de comunicação telefônica consiga trafegar voz e dados, convergidos em um mesmo meio de transmissão. A verificação se embasará nas informações de tráfego, colhidas separadamente, cada qual em seu meio original de transmissão.

1.5.2 MEDIÇÃO DE TRÁFEGO EM CIRCUITOS COMUTADOS DE VOZ

A medição ocorreu nos entroncamentos E1 corporativos de voz de todos os *sites*, sendo que foram coletados dados referentes a um período de sete dias da semana, no horário das 8hrs às 20hrs, do dia 19 a 25 de setembro de 2005. Na localidade de São José dos Campos a medição ocorreu somente no entroncamento DDR.

A coleta se deu através de relatório gerado pelo sistema do equipamento PABX, que mostra a quantidade de ligações entrantes e saíntes, assim como o tráfego equivalente total em erlangs. Esses relatórios são colhidos diretamente da linha de comando do terminal de manutenção, em arquivos no formato de texto (código ASCII). A escolha por uma coleta de apenas sete dias se deu pelo fato da variação da quantidade de tráfego ser maior somente entre os dias da semana e não entre meses, conforme já observado em análise de relatório de outros períodos do ano.

1.5.3 MEDIÇÃO DE TRÁFEGO EM CIRCUITOS DE DADOS

A medição foi realizada nos *links* seriais que conectam os roteadores aos modems de acesso à rede da operadora, que fornece conectividade entre os *sites* através de redes privadas virtuais (VPN – *Virtual Private Network*) e acesso à *Internet*.

Para essa medição foi utilizado o *software* livre MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*), que gerou todos os gráficos e estatísticas relativas aos *links* de cada *site*.

As estatísticas contidas nos relatórios deste projeto fornecem dados relativos aos picos de consumo diário durante o período de um ano.

1.5.4 CÁLCULO DO TRÁFEGO DE VOZ SOBRE REDE DE DADOS

A metodologia para o cálculo usa a intensidade de tráfego de voz (em erlang) na HMM (Hora de Maior Movimento) e transforma-a em taxa de transmissão (bits por segundo), de acordo com a escolha do codec preterido para a codificação da voz. A escolha do codec vai influenciar na taxa de transmissão requerida pela rede de dados para suportar voz e dados no mesmo meio de transmissão, assim como a qualidade da voz para os usuários.

1.5.5 ANÁLISE DE RECURSOS DISPONÍVEIS

A análise foi realizada através de elaboração de inventário de todos os equipamentos de comunicação de dados e voz disponíveis na planta (e respectivos recursos), levantando-se os custos gerados por estes equipamentos.

1.5.6 PROJEÇÃO DE RECURSOS NECESSÁRIOS

Com os dados do tráfego de voz e dados em mãos, e mais o cálculo de dimensionamento concluídos, faz-se o levantamento do que é necessário alterar, trocar ou melhorar na planta de equipamentos e serviços disponíveis no sistema, analisando-se o que cada item do sistema atual tem à oferecer ou não à nova topologia.

1.5.7 ESTUDO SOBRE VIABILIDADE FINANCEIRA

A viabilidade financeira será confirmada após a análise dos valores que serão gastos na implantação do novo sistema de comunicação de voz e dados. Para isso, haverá um levantamento completo do que é gasto atualmente e a projeção do que será gasto no futuro, com o novo sistema. Nesta fase, estipula-se o prazo máximo para retorno do montante investido.

1.5.8 CONFIGURAÇÃO E SIMULAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REDE EM LABORATÓRIO

Serão utilizados os laboratórios da empresa Damovo para a simulação do tráfego de voz sobre IP, em roteadores Cisco e *switches* Extreme/3Com já existentes. Estes serão configurados e testados de acordo com as necessidades do novo sistema. *Softwares* como o Ethereal (analisador de protocolos) realizarão o diagnóstico de erros da rede. No laboratório, o desempenho então será mensurado de forma que atenda adequadamente à demanda de tráfego de voz (priorizado) e dados.

1.5.9 PROGRAMAÇÃO E SIMULAÇÃO DA RMC (ROTA DE MENOR CUSTO) NAS CENTRAIS PRIVADAS

Com as estatísticas de tráfego telefônico e respectivos custos em mãos, será formatada então a Rota de Menor Custo nos equipamentos PABX (MD110 Ericsson), de forma que a utilização da voz sobre IP seja maximizada e que o uso de entroncamento DDR seja reduzido de acordo com as metas estipuladas, inclusive com a incorporação da localidade de São José dos Campos à rede corporativa da empresa. Toda tabela de roteamento de ligações telefônicas será programada no sistema do PABX, fazendo com que o encaminhamento das rotas seja transparente ao usuário final, sem a necessidade de códigos especiais para acesso ao sistema. Uma análise sobre o plano de numeração nacional e dos degraus tarifários será realizada para determinação das melhores opções de rota para cada tipo de ligação. Esta análise baseia-se em encaminhar determinada ligação à rota da RMC que seja mais próxima da localidade desejada.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após esta introdução, apresenta-se a revisão de literatura (capítulo 2), a qual abrange os seguintes temas: telefonia pública, telefonia privada, tráfego telefônico, redes de comunicação de dados e voz sobre IP. Com relação à telefonia pública são abordados aspectos relativos ao funcionamento, organização e diretrizes que compõem este sistema. Descreve-se os conceitos da telefonia privada e as características mais relevantes que se associam a este trabalho, principalmente o funcionamento da RMC. Neste capítulo são apresentados os cálculos e a análise de tráfego telefônico, baseados nas teorias de A.K. Erlang. Finalmente, são abordados os principais conceitos das redes de comunicação de dados e voz sobre IP, tais como os protocolos TCP/IP e H.323.

O desenvolvimento do trabalho é relatado no capítulo 3. Neste capítulo apresenta-se, inicialmente, os resultados das medições de tráfego de voz e dados do sistema atual, o dimensionamento e a especificação do sistema proposto. Na sequência, são apresentados o levantamento dos recursos existentes e dos recursos necessários para a implantação do novo sistema, bem como, os custos embutidos nesta proposta. Encerra-se este capítulo como o resultado dos testes realizados em laboratório. Por final, no capítulo 4, faz-se a discussão e análise dos resultados obtidos e apresentam-se as conclusões finais deste trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TELEFONIA PÚBLICA

A invenção do telefone por Graham Bell em 1876 revolucionou as comunicações na época, e apesar dos 130 anos que nos separam daquela época, o princípio é aproximadamente o mesmo. Naquela época todos os telefones possuíam um par de fios metálicos diretamente conectados uns aos outros, ou seja, se existiam dez telefones em uma rede, cada um dos aparelhos telefônicos tinha nove pares de fios conectados a ele. Esta solução, denominada “Sistema Descentralizado”, só era utilizada com um número pequeno de terminais telefônicos, por motivos de ordem financeira. Assim surgiu a necessidade de se centralizar a comutação em um único ponto (e não nos aparelhos). Foram introduzidos então, no final do século XIX, as primeiras centrais comutadoras manuais.

Os terminais eram todos ligados diretamente a central comutadora por um par de fios exclusivo e lá era realizada a comutação para o telefone desejado. Com o aumento de usuários e a demanda crescendo rapidamente, surgiu a necessidade da automação da comutação das linhas dos assinantes. Em 1891, o norte americano Almon B. Strowger, patenteou a chave seletora automática, que por movimentação de escovas na direção vertical e rotação, fazia a comutação para 100 posições em um banco de contatos em uma superfície cilíndrica.

Na década de 20 surgiram as primeiras centrais com sistemas rotativos e foram sucedidas pela tecnologia “*Crossbar*” (anos 50 à 70). A partir da década de 70 a digitalização começou a tomar espaço nas centrais públicas, com o surgimento das primeiras “híbridas” do mercado. A partir da década de 80 e 90 as centrais começaram a se digitalizar, embora até poucos anos atrás, ainda existissem centrais analógicas na planta instalada das operadoras. Hoje o grande advento da telefonia é certamente o IP (*Internet Protocol*), que tende a extinguir as centrais de comutação por circuito para trafegar todo tipo de comunicação (seja voz, dados ou vídeo) via comutação por pacotes em uma única rede. O processo é economicamente inviável ainda, por motivos políticos, financeiros e da própria estrutura atual da rede telefônica.

2.1.1 CENTRAIS DE COMUTAÇÃO

Segundo JESZENSKY (2004, p. 32), uma central de comutação deve ter as seguintes funções:

- a) Receber informações do assinante quanto ao destino desejado.
- b) Eventualmente, passar parte ou o total dessas informações para outras centrais.
- c) Decidir qual a saída que deve ser acessada.
- d) Encaminhar certos sinais ao assinante chamador (tom de chamada, controle de chamada, sinal de ocupado)
- e) Enviar o toque de campainha ao assinante chamado.
- f) Alimentar os telefones dos assinantes.
- g) Armazenar ou encaminhar certas informações para fins de tarifação.

2.1.1.1 Centrais de comutação manual

Na comutação manual, a interligação entre as partes chamadora e receptora é realizada através de uma telefonista. Ela recebe o número desejado (receptor), interconecta (comando) ou retransmite (transmissor) o número desejado para outra telefonista, tudo de acordo com instruções recebidas e gravadas em sua memória. Foi o primeiro sistema centralizado de comutação da história da telefonia.

2.1.1.2 Centrais com comando direto

Estas centrais foram as primeiras com certa automatização de sistema, as quais recebiam comandos diretamente pelos pulsos emitidos pelo telefone. Os seletores desta central utilizavam os movimentos rotativo e de elevação e giro. Os receptores passam a ser os conjuntos de relés associados aos seletores. Esses sistemas não tem condição de retransmitir cifras adiante, o que tolhe bastante sua utilização em redes amplas. A função de comando é assumida pelo próprio assinante. A cifra, uma vez utilizada, desaparece, impossibilitando a sua reutilização, o que seria necessário em processos de encaminhamento mais complexos. Alguns dos inconvenientes dos sistemas de comando direto são:

- os números enviados são consumidos no processo de seleção e, dessa forma, não é possível efetuar encaminhamentos complexos em redes amplas;

- a acessibilidade aos feixes de saída é limitada ($k=10$), em função da construção dos seletores. Os feixes de saída, conseqüentemente, têm um mau aproveitamento;
- não há flexibilidade na formação de rotas, tendo em vista a estrutura decimal do sistema;
- os movimentos mecânicos geram desgastes, exigindo permanentemente manutenção.

2.1.1.3 Centrais de comando central ou comum

São aquelas do tipo *Crossbar* ou *Crosspoint*, que utilizam como acoplador sistemas matriciais. Existem três níveis hierárquicos:

- a) Periférico: formado pelo acoplador propriamente dito e pelos juntores que são utilizados para ligar os troncos e os circuitos de assinante ao acoplador.
- b) Semi-centralizados: constituído por registradores, marcadores, transmissores e receptores (MF ou MFC). Em centrais CPA, essas funções são assumidas por micro-processadores.
- c) Comando central: Que processa a informação e a transmite aos marcadores e geradores, indicando como proceder. A ele está associada a memória, que poderá ser cabeada (*wired logic*) ou armazenada em forma de *software*, como no caso das centrais CPA.

2.1.1.4 Centrais CPA – central por programa armazenado

Por volta dos anos 70, as CPA's ganharam força nos sistemas de telefonia pelo mundo, inicialmente em versões analógicas. O sistema acoplador continua sendo uma estrutura de matrizes, mas os níveis semi-centralizado e centralizado foram substituídos por um computador de processos de alta capacidade.

O modelo analógico acabou sucumbindo, sendo apenas uma tecnologia de transição para as centrais CPA-T (CPA Temporais), que acabaram se impondo na década de 1980. O volume físico e o custo dos acopladores do modelo analógico representavam cerca da metade do custo total da central.

Em sistemas CPA-T, o sinal telefônico é amostrado e codificado em 8 bits (PCM), preferivelmente já na entrada da central. Desta forma a comutação das linhas dentro da central

é totalmente digital, insensível a ruídos e interferências. “As centrais CPA-T atingiram uma coerência tecnológica entre o processador e os acopladores. Os sistemas CPA-T dominam o cenário atual de centrais telefônicas. Novos princípios físicos, como a comutação óptica, ainda estão em estágio embrionário nos laboratórios e só se justificarão quando os circuitos ligados às centrais utilizarem predominantemente fibras ópticas” (JESZENSKY, 2004, p. 32).

2.1.2 ESTRUTURA DA REDE DE TELEFONIA

2.1.2.1 Plano de numeração aberto

Com a automatização do sistema telefônico e crescimento do número de assinantes nas cidades, foi necessário criar-se uma maneira de organizar a identificação de cada usuário, para originar e receber chamadas de longa distância. Foi então associado às cidades um plano de numeração. A cada cidade (ou região) se associa um código do tipo ABCD. O número de algarismos do código pode variar de cidade para cidade ou de país para país. No exemplo a seguir, P XX ABC YNNNN, onde:

P: é um prefixo, usualmente o 0, utilizado para sair da rede local de origem e ter acesso à rede interurbana.

XX: criado mais recentemente, indica a operadora escolhida para a chamada, no caso de ligação de longa distância.

ABC: é o código da cidade de destino.

YNNNN: é o número do assinante desejado.

Uma numeração deste tipo é dita aberta, pois para atingir um determinado assinante da região é necessário discar um certo número de dígitos, dependendo do fato de estar, ou não, na mesma cidade.

2.1.2.2 Plano de numeração fechado

No plano de numeração fechado, os números serão do tipo ABC YNNNN somente. Ou seja, serão associadas várias cidades de uma mesma região metropolitana para usarem o mesmo código de cidade. O usuário então não mais necessitará digitar todos os códigos para se comunicar com outro assinante da mesma região. Frequentemente utiliza-se uma numeração fechada nas grandes regiões metropolitanas e associa-se a estas regiões uma numeração aberta, para interconectá-las com a rede nacional.

2.1.2.3 Estrutura das redes interurbanas

Existem duas formas de interligação entre várias cidades:

- Malha: Na rede em malha, o número de feixes cresce muito rapidamente com o número de localidades. A comunicação entre duas cidades se processa pelo caminho mais curto, mas a ampliação da rede para inclusão de uma nova localidade exige a implantação de N feixes.
- Estrela: As localidades são todas conectadas à cidade mais importante. O tráfego entre duas outras quaisquer passa através da cidade principal, onde será comutado numa central de trânsito. O número de feixes é menor. Como consequência, o tráfego escoado por feixe é maior, e seu aproveitamento é melhor. A ampliação e interconexão de redes em estrela são simples. Em compensação, as linhas são mais longas, e os equipamentos de comutação necessários, mais complexos.

Dentro de uma rede nacional, procura-se formar uma grande rede em estrela, conectando cidades menores às maiores. Os grandes centros urbanos, que possuem em seus níveis hierárquicos mais baixos grandes redes em estrela de determinada região, são ligados diretamente a outros grandes centros urbanos, formando uma estrutura em malha entre os principais centros urbanos. Existem quatro diferentes hierarquias de centrais de trânsito interurbano, assim quanto menos dígitos uma central trânsito possuir, mais alta será a hierarquia dela.

A classificação de centrais, segundo Pinheiro (2005), é descrita abaixo:

- Central Local – Ponto de chegada das linhas de assinantes e onde se faz a comutação local;
- Central Tandem – Interliga centrais locais ou interurbanas;
- Central Trânsito – Interliga dois ou mais sistemas locais, interurbanos ou mesmo internacionalmente.

Os níveis hierárquicos entre as centrais da rede pública de telefonia são chamados classes:

- Central Trânsito classe I – Representa o nível mais elevado da rede interurbana. Essa central tem pelo menos acesso a uma central internacional;
- Central Trânsito classe II – Central trânsito interurbana, subordinada a uma central classe I;
- Central Trânsito classe III – Central trânsito interurbana, subordinada a uma central classe II;
- Central Trânsito classe IV – Central trânsito interurbana, subordinada a uma central classe III e interligada a centrais locais.

2.1.2.4 Tarifação

A tarifação, apesar de sempre causar discussões de ordem política e econômica, é de importância fundamental para prover os recursos à empresa operadora para manutenção e modernização da planta instalada e para arcar com as despesas gerais da organização. Para não haver estagnação na prestação de serviços e para que a qualidade não decaia, é necessário que as taxas e tarifas sejam realistas em relação aos investimentos e orçamento de despesas. Para FERRARI (1998, p. 136), a tarifa é “repetitiva e relacionada à remuneração periódica pelo serviço prestado ou aluguel de instalações. A tarifa deve cobrir os custos com a outorga da concessão, custos de operação, remuneração dos acionistas, demais custos administrativos, provisões para ampliações e renovações e amortização dos financiamentos”.

Os custos podem ser dependentes ou não de tráfego. Aqueles não dependentes ocorrem obrigatoriamente, quer o assinante use ou não seu telefone. Estes custos são calculados em função do número de assinantes, independente se estes usem ou não suas linhas. Os custos dependentes de tráfego decorrem das chamadas propriamente ditas, ou seja, do tempo gasto em uma chamada e da distância do número chamado.

Os critérios de tarifação podem ser de quatro tipos:

- Tarifa fixa (*flat rate*): quando se cobra do assinante uma quantia fixa por período de assinatura independente da quantidade, duração ou distância das chamadas. Não requer equipamento de tarifação. O valor é fixado por uma média de uso. Recomendada para pequenas comunidades com baixo tráfego.
- Tarifa por chamada completada (*message rate*): é um critério em que se contam as chamadas originadas por um assinante e que foram atendidas pelo assinante ou serviço tarifável chamado. Não leva em consideração o tempo de duração da chamada nem a distância. Basta prover cada assinante com um contador de chamadas.
- Multimedição (*multimetering*): é um critério em que se considera o tempo de conversação das chamadas originadas. O assinante paga pelo tempo de uso e a central precisa ter um equipamento um pouco mais complexo.
- Multimedição por tempo e distância (*time-zone metering*): é um critério em que se considera o tempo de conversação e a distância da chamada. A central precisa contar com recursos funcionais para esta dupla ponderação.

2.1.3 ESTRUTURA DA REDE DE TELEFONIA NO BRASIL

2.1.3.1 Plano de numeração nacional

No Brasil, o plano de numeração é misto. Dentro de uma estrutura aberta de oito regiões numéricas, prevêem-se áreas de numeração fechada, quando as condições sociais e econômicas o justificam. As regiões numéricas correspondem a um ou mais estados da Federação, de acordo com o número de assinantes. Por exemplo, São Paulo representa a região numérica 1, Minas Gerais é a 3, Rio de Janeiro e Espírito Santo em conjunto formam a região 2 etc. Nas grandes regiões metropolitanas têm-se áreas de numeração fechada. Por exemplo: A região metropolitana de Curitiba inclui as cidades de São Jose dos Pinhais, Piraquara, Balsa Nova, Colombo, Rio Branco do Sul etc, todas possuindo o código 41.

2.1.3.2 Degraus tarifários no Brasil

O valor das tarifas em função da distância varia de acordo com intervalos de classes de distâncias, formando uma linha quebrada em forma de escada, de onde vem o termo “degrau tarifário”. O cálculo é realizado através da distância geodésica, expressa em quilômetros, obedecendo a seguinte fórmula (Anatel, 2005)

$$D = 111,18 \arccos(X1.X2 + Y1.Y2)$$

Onde:

$$X1 = \sin K1;$$

$$X2 = \sin K2;$$

$$Y1 = \cos K1.\cos K2;$$

$$Y2 = \cos (L2 - L1) = \sin L1.\sin L2 + \cos L1.\cos L2;$$

K1 é a latitude da Localidade 1 em graus;

L1 é a longitude da Localidade 1 em graus;

K2 é a latitude da Localidade 2 em graus;

L2 é a longitude da Localidade 2 em graus.

Desse cálculo surgem os quatro degraus tarifários:

D1 – Distância geodésica de até 50 km

D2 – Distância geodésica maior que 50 km e menor ou igual à 100 km

D3 – Distância geodésica maior que 100 km e menor ou igual à 300 km

D4 – Distância geodésica maior que 300 km

Além do cálculo da distância, o sistema do STFC (Serviço Telefônico Fixo Comutado) aplica a seguinte modulação horária para as tarifas:

Entre dois terminais locais do STFC

- Segunda-feira à sexta-feira, das 6 h às 24 h e Sábado das 6 h às 14 h (tarifação por tempo);
- Sábado das 0 h às 6 h e das 14 h às 24 h, Domingo e feriados das 0h às 24 h (tarifação por chamada atendida).

Acesso do STFC ao SMP/SME (Serviço Móvel Pessoal / Serviço Móvel Especializado)

- Segunda-feira a sábado, das 7 h às 21 h (tarifa normal);
- Segunda-feira a sábado, das 0 h às 7 h e das 21 h às 24 h, domingos e feriados, das 0 h às 24 h. (tarifa reduzida).

Acesso LDN (Longa Distância Nacional) do STFC

- Todos os dias, das 0 h às 6 h (tarifa super reduzida);
- Segunda-feira a sexta-feira, das 6 h às 7 h e das 21 h às 24 h, sábados das 6 h às 7 h e de 14 h às 24 h, domingos das 6 às 24 h (tarifa reduzida);
- Segunda-feira a sexta-feira, das 7 h às 9 h, de 12 h às 14 h e das 18 h às 21 h, sábados das 7 h às 14 h (tarifa normal);
- Segunda-feira a sexta-feira, das 9 h às 12 h e das 14 h às 18 h (tarifa diferenciada).

2.2 TELEFONIA PRIVADA

2.2.1 CONCEITO DE CENTRAIS PRIVADAS

Para Pinheiro (2005) uma central privada é:

tecnicamente um equipamento terminal de usuário que pode estar interligado ou não a uma central de comutação do Sistema Público de Telefonia – RTPC (Rede de Telefonia Pública Comutada). Estas centrais são utilizadas basicamente por empresas, governos, condomínios, etc, onde o tráfego telefônico interno alcança volumes consideráveis.

Uma central privada se liga à rede telefônica pública externa por um certo número de linhas (ou troncos) e dispõe de linhas internas (ramais), em quantidade superior ao número de troncos. A grande vantagem da central privada é o seu menor custo de operação quando comparada com a utilização da rede pública, basicamente por não haver tarifação das chamadas internas e por demandar menor número de linhas/troncos que o número total de terminais atendidos.

2.2.2 MODALIDADES DE CENTRAIS PRIVADAS

2.2.2.1 KS (*Key System*)

O KS caracteriza-se por não exigir uma posição de operadora. Foi concebido originalmente para pequena quantidade de ramais e os próprios usuários fazem as manobras para atender ou originar as chamadas. O nome do sistema deriva diretamente das chaves (*keys*) dispostas na face do aparelho KS.

Os KS clássicos são sistemas descentralizados para aplicação na faixa de pequena capacidade, em torno de oito a dez ramais e dois a três troncos urbanos, inferior, portanto, ao limite inicial dos micropabx. Com essa configuração, o KS teve grande penetração no mercado de pequenos escritórios e consultórios. A aceitação do KS foi de tal ordem que seus fabricantes passaram a equipá-los com maior quantidade de ramais e troncos.

2.2.2.2 KS Digital

A solução definitiva dos problemas de instalação de KS somente ocorreu com a introdução do KS digital. Nessa tecnologia, tanto o circuito duplex de voz como todos os sinais são digitais. Há uma central KS, cuja rede é “em estrela” e os aparelhos conectam-se apenas por um par de condutores à central, inclusive para alimentação. Os botões e chaves individuais desapareceram e os vários comandos são executados por combinações de teclas multifunções, em um teclado telefônico comum de 12 teclas, associado a um display de cristal líquido. O controle do aparelho é feito por um microprocessador e com isso, um enorme elenco de novas funções foi incorporado. A voz é digitalizada por PCM no aparelho e toda a transmissão, sinalização e comutação é digital, proporcionando uma qualidade superior na transmissão e velocidade de comutação.

2.2.2.3 PBX

A sigla PBX corresponde a *Private Branch Exchange* ou central particular tributária da central pública. O PBX pode ser manual ou automático. Na sua versão manual recebia o nome de PMBX ou PBX como era mais conhecido. Os troncos da rede pública e ramais estão conectados a listões específicos no múltiplo da mesa de cordões ou de chaves e uma

telefonista faz a comutação. O acesso às linhas externas era controlado sempre pela telefonista e determinados ramais podiam ou não ter acesso a elas. Para que o tráfego interno (ramal para ramal) não interfira no trabalho da telefonista do PMBX, era usual adotar nesse tipo de sistema um sistema comutador automático exclusivo para comutação interna, denominado PAX (*Private Automatic Exchange*). Destes dois sistemas, PAX e PMBX que se originou o PABX.

2.2.2.4 PABX

Um PABX (*Private Automatic Branch eXchange*) é uma central de comunicação telefônica automática, de uso privado, que tem como objetivos principais gerenciar as comunicações de voz dentro de uma empresa, concentrando várias linhas e ramais de usuários e oferecendo uma série de facilidades e serviços avançados. Para controle de ligações, normalmente os PABX geram informações de bilhetagem, ou seja, qual ramal ligou, para que número, quando, quanto tempo durou a ligação, e assim por diante.

2.2.3 RECURSOS DAS CENTRAIS PRIVADAS

2.2.3.1 RMC – Rota de Menor Custo

A RMC (Rota de Menor Custo) ou LCR (*Least Cost Routing*) é uma poderosa ferramenta das centrais PABX, principalmente naquelas que possuem mais de um tipo de serviço ou de operadoras sendo utilizadas.

Basicamente se compõem de análise numérica e análise de rotas (as mais econômicas, as menos congestionadas, etc).

Tudo irá funcionar baseado no que o usuário for digitar, ou seja, “um usuário digita um número externo qualquer, a central encaminha o número discado para as tabelas de RMC, manipula o número discado e a ligação vai para onde o destino estiver previamente programado” (*TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON*, 2004).

Com esse tipo de rotas, o sistema pode automaticamente bloquear uma ligação para um número dispendioso por exemplo (algum número pago, 0300, etc). Pode ainda incluir ou

cortar dígitos, trocando-se a operadora discada em ligações DDD/DDI com transparência de uso para os usuários finais.

Um exemplo: Um PABX possui um fluxo E1 DDR com a Brasil Telecom de 30 canais. Devido à promoções ou contratos de uso, o proprietário conseguiu ligações DDI pela metade do preço médio com a operadora GVT durante 6 meses. Se a central PABX possui a funcionalidade de RMC, pode-se facilmente trocar os dígitos da operadora Brasil Telecom (14) pelo da GVT (25) em caso de ligação DDI. Aliás, independentemente da operadora que o usuário for digitar, a RMC vai automaticamente alterar para a operadora desejada. Em muitos casos a RMC é programada de forma que o usuário nem precise digitar a operadora, como nos tempos das operadoras estatais, sendo a RMC responsável por inserir a operadora conveniente e pré determinada para o tipo de ligação.

Outro bom exemplo seria um cenário onde teríamos vários PABX's interligados via link de voz privado, em diferentes estados. Se um usuário de Curitiba por exemplo precisa fazer uma ligação para um número de São Paulo, onde o sistema tem um *site* ativo, na RMC é possível configurar que o *site* de Curitiba saia pelo *link* de voz privado até o *site* de São Paulo (evitando pagar um a ligação DDD) e deste origem uma ligação local para o número desejado de São Paulo, com transparência total para o usuário em Curitiba. Ou seja, o usuário em Curitiba não vai nem precisar estar ciente de todo funcionamento da rota para se utilizar do sistema. Tudo é encaminhado automaticamente pela RMC.

Esse tipo de funcionalidade normalmente não requer equipamentos periféricos como computadores ou outros. É simplesmente programada no sistema do PABX, seja por linha de comando MML (*Man Machine Language*), através de interface RS232 ou Terminal Remoto, ou por *softwares* de manutenção proprietários dos fabricantes. A programação de tais rotas é relativamente simples, mas ao mesmo tempo exige-se bom conhecimento do plano numérico telefônico tanto nacionalmente como internacionalmente. Além, é claro, de estar a par das regras e contratos de utilização de serviços de telefonia das grandes operadoras públicas.

2.2.3.2 Outras funcionalidades gerais

Outras funcionalidades mais comuns e simples, porém extremamente úteis aos usuários do PABX:

- Conferência: três ou mais linhas/ramais comutadas na mesma ligação;
- Siga-me: redirecionamento de uma posição de ramal para outra;
- Mobilidade: ramais *wireless* e IP;
- Tarifação: controle de ligações externas e internas, com duração, hora e identificação do originador/recebedor da chamada;
- Aparelhos digitais com teclas de função;
- *Call Back*: Chamada de retorno;
- Correio de Voz: Sistema semelhante aos celulares, porém muito mais simples, podendo ser implementado com apenas um computador comum;
- Identificação de Ramais.

As facilidades variam de fabricante para fabricante, portanto uma marca pode ter tal facilidade e outra não.

2.3 TRÁFEGO TELEFÔNICO

2.3.1 TEORIA DE AGNER KRARUP ERLANG

A. K. Erlang foi a primeira pessoa a estudar os problemas das redes telefônicas. Estudando o sistema telefônico de um pequeno vilarejo ele acabou chegando a uma fórmula para calcular a fração de assinantes chamadores tentando ligar para alguém fora do sistema através de linhas externas mas, que tinham que esperar devido a ocupação de todas as linhas. Apesar da matemática por trás da teoria de Erlang ser de certa forma simples, o conceito é ainda usado nas complexas redes telefônicas atuais (MILLENIUM, 2006) .

Em 1946 o antigo CCITT (atual ITU-T) padronizou o erlang (Erl) como unidade oficial de tráfego telefônico. Pode-se definir a unidade erlang como sendo sem dimensão, isto é, um número seguido da palavra erlang para indicar tratar-se de intensidade de tráfego telefônico. A partir do volume de tráfego V equivalente à uma hora (soma de n ocupações), durante a observação de uma hora, tem-se a intensidade de 1,0 erlang. A intensidade de tráfego (A) é a razão entre o volume de tráfego (V) e o período de observação (T_0):

$$A = V / T_0$$

Se T_0 é uma hora, e T_0 e V forem expressos na mesma unidade de tempo (horas, minutos ou segundos), a intensidade de tráfego será dada em erlang. Retomando o caso do circuito ficar ocupado 10 minutos, a intensidade será:

$$A = 10 / 60 = 0,166 \text{ Erl}$$

2.3.2 CONCEITOS DE TRÁFEGO TELEFÔNICO

A engenharia de tráfego telefônico é de suma importância e ainda é amplamente utilizada nos mais diversos segmentos de telecomunicações. É necessário analisar tráfego desde a implantação de pequenos sistemas PABX até grandes sistemas de telefonia pública, onde as taxas de rejeição de chamada ou de perdas precisam ser limitadas. Foi-se a época das grandes companhias estatais, quando cada linha telefônica alcançava valores absurdos e quando precisava-se de algum tipo de manutenção, esta demorava vários dias. Hoje, se um usuário tentar discar para um determinado número e não o conseguir por motivos de congestionamento, fatalmente no dia seguinte estará a procura de outros serviços semelhantes, que no mercado atual encontramos em abundância. É a concorrência de grandes empresas tanto no setor de telefonia pública como no de telefonia corporativa (PABX), que força as empresas à reduzir margens de lucro e garantir qualidade de serviço em todos os sentidos. E, nesse ponto, a análise de tráfego telefônico é essencial.

2.3.3 GENERALIDADES

As centrais telefônicas são planejadas de tal modo que as chamadas realizadas pelo assinante têm boa probabilidade de sucesso, mesmo nos períodos de tráfego telefônico mais intenso, ou seja, nas chamadas horas de maior movimento. A quantidade de troncos e equipamentos de comutação, necessários para o fluxo do tráfego telefônico, será por isso dimensionada normalmente de tal modo que, durante as horas de maior movimento, somente uma porcentagem muito pequena (em geral previamente estabelecida) de ligações solicitadas não possa ser estabelecida, pelo menos não imediatamente, por falta de equipamentos de comutação, ou seja, ligações que se perdem ou que precisam esperar.

A solução teórica de tais tarefas de dimensionamento pertencem ao setor de teoria de tráfego, seguindo um método desenvolvido por A. K. Erlang. Entretanto, na elaboração de projetos

práticos e na equação de problemas de engenharia de tráfego relacionados com o planejamento e desenvolvimento de sistemas telefônicos, é imprescindível dispor de tabelas de projeto que forneçam informações imediatas sobre a quantidade de equipamentos de comutação e de troncos necessários em cada caso.

A rede de comutação interliga troncos disponíveis a outros troncos vagos ou oferecidos, submetendo-os ao tráfego. Estes podem ser linhas de assinantes, troncos de interligação ou equipamentos de comutação e, se necessário, equipamentos comuns utilizados no estabelecimento das ligações. Os troncos de entrada que conduzem os interesses de tráfego à rede de comutação, formam o grupo de “N” troncos de entrada. Os troncos de saída que ao mesmo tempo recebem e processam os interesses de conexão para uma determinada tarefa de comutação (rota), formam o grupo de “M” troncos de saída. (SIEMENS S. A., 1975)

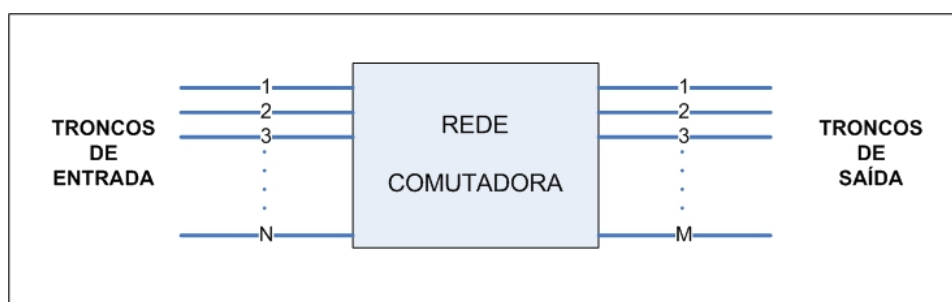


Figura 2 – Rede Comutadora
(fonte: Teoria do Tráfego Telefônico, SIEMENS 1975)

Uma saída está ocupada, quando existe uma conexão através da rede de comutação entre a saída e o tronco de entrada. O tráfego que passa pela saída constitui, então, uma única chamada, ao utilizar essa saída. Cada instante de utilização de um equipamento de comutação ou de um tronco se apresenta como sendo uma chamada, independentemente da sua origem, e de ter sido estabelecida em decorrência de uma conexão entre dois assinantes, ou não.

O período de tempo durante o qual um tronco de saída está ocupado sem interrupções, para fins determinados de comutação, se chama “tempo de ocupação” e o tempo durante o qual os troncos de saída são utilizados em média para uma ligação é chamado de “tempo médio de ocupação”.

“A intensidade de tráfego é uma medida de densidade de tráfego” (SIEMENS S.A., 1975). É uma quantidade adimensional, sempre representada pela unidade Erlang. Seu valor numérico indica o número médio de chamadas efetuadas, simultaneamente, isto é, o número médio de

troncos ocupados ao mesmo tempo. Um só tronco ocupado continuamente corresponde, portanto, a um tráfego com o valor de 1 Erlang.

Em conjunto com o processamento do tráfego através de um grupo de troncos de saída, é normal se utilizarem os termos “chamada” e “intensidade de tráfego” em um sentido mais amplo. A utilização efetiva de um tronco de saída é uma chamada processada. A demanda de uma conexão que requer a utilização de um tronco de saída denomina-se chamada oferecida. A demanda de uma conexão que é rejeitada, que se perde ou é transferida para outro grupo de troncos de saída, é uma chamada perdida ou uma ocupação de transbordo. A demanda de uma conexão, que não é processada imediatamente, é denominada chamada de espera. Analogamente, a intensidade do tráfego processado, é denominada carga processada ou tráfego processado, e a intensidade do tráfego oferecido é denominada carga oferecida. A diferença entre a carga oferecida e a carga processada é a intensidade de tráfego rejeitado. O tráfego excedente rejeitado se denomina tráfego de transbordo quando é prevista a possibilidade de encaminhar as chamadas rejeitadas para um outro grupo de troncos (grupo de troncos de transbordo). Não ocorrendo essa possibilidade, então o tráfego rejeitado se denomina tráfego de perda. No modelo de teoria de tráfego já citado, o tempo médio de ocupação de todas as chamadas oferecidas, e também das perdas, é tomado como o tempo médio de ocupação das chamadas processadas pelos troncos de saída.

No caso de dimensionamento prático de um grupo de troncos de saída, devem ser observados os seguintes critérios:

- O processamento do tráfego, ou seja, a operação dos equipamentos de comutação como sistema de perda ou como sistema de espera;
- As características da central de comutação, no que se refere a acessibilidade e graduação;
- O tipo de tráfego oferecido, quanto às suas propriedades estatísticas;
- O grau de serviço exigido. (SIEMENS S.A., 1975)

2.3.4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE TRÁFEGO

Existem duas situações para processamento de tráfego telefônico. Os “sistemas de perda” e os “sistemas de espera”. Do ponto de vista da demanda de ligações, considera-se por “bloqueio” a situação em que é impossível o estabelecimento de uma nova ligação, por estarem ocupadas

todas as linhas do feixe de saída, ou então, por não se poder estabelecer nenhuma ligação na rede de comutação até um tronco se tornar livre do grupo de troncos de saída em questão. Em um sistema de perda, uma chamada oferecida será rejeitada, quando a ligação desejada não pode ser estabelecida imediatamente, devido a um bloqueio. O assinante que chama, recebe então o toque ou sinal de ocupado. Em um sistema de espera, por outro lado, uma chamada oferecida que não pode ser processada imediatamente por causa de um bloqueio, aguardará até que a conexão possa ser completada. Para os tempos de espera que se apresentam nesse caso, é importante conhecer a sequência pela qual as chamadas oferecidas são processadas, isto é, a sequência da sua chegada ou de uma maneira aleatória.

Pode-se considerar também um sistema misto, quando o tempo de espera é limitado, ou quando se limita a quantidade de chamadas de espera simultâneas.

2.3.5 PROPRIEDADES DA CENTRAL DE COMUTAÇÃO

A acessibilidade de troncos é determinada pela lei de oferta e demanda. Se o número de troncos de entrada requerendo uma ligação é igual ao número de troncos de saída disponíveis em todos os instantes, denomina-se isso de “acessibilidade constante”. Se o número de troncos de entrada é exatamente igual ao número de troncos de saída, tem-se a denominada “acessibilidade plena”. Se os troncos de saída são em menor número do que os troncos de entrada, tem-se a “acessibilidade limitada”. Os troncos de entrada podem ser “graduados”, ou seja, no caso de acessibilidade limitada, determinados grupos de troncos de entrada são agrupados de forma a acessarem sempre os mesmos troncos de saída. Esses agrupamentos podem ser organizados de forma a otimizar o uso do sistema num todo. O foco tem sido em cima de centrais públicas neste tópico sobre tráfego, mas a analogia com os sistemas PABX é fácil e simples. Basta pensar nos troncos de entrada como sendo ramais e troncos de saída como sendo os troncos de linhas externas interligados com o sistema público.

2.3.6 PROPRIEDADES ESTATÍSTICAS DO TRÁFEGO OFERECIDO

- Hora de maior movimento

A oscilação do número de troncos ocupados em um sistema sempre irá variar quando temos assinantes como fontes de tráfego, iniciando ligações aleatoriamente e independentemente se o sistema está pronto ou não para suportar tal tráfego. Essas oscilações podem ser observadas

em determinadas épocas do ano, do mês ou do dia, tendo seus picos de tráfego em determinados períodos. Por isso quando se estuda o tráfego de um sistema qualquer, sempre se analisa a época, dia e hora de maior movimento para se fazer dimensionamento de centrais. Entende-se por “Hora de Maior Movimento” aquele período de 60 minutos do dia nos quais a intensidade de tráfego de um grupo de troncos atinge seu valor máximo.

- Quantidade de fontes de tráfego

Todas as oscilações de tráfego dependem diretamente da quantidade de fontes de tráfego (assinantes ou ramais) que origina o tráfego oferecido. Diferentes números de fontes de tráfego criam um cenário diferente um do outro se pensarmos em um valor absoluto de intensidade de tráfego. Ou seja, um valor de “X” Erlang pode possuir um tráfego intenso com 10 fontes de tráfego ou também pode possuir tráfego normal com 100 fontes de tráfego. Teoricamente o tráfego é estudado levando-se em conta um número infinito de fontes de tráfego e troncos de entrada. No modelo da teoria de tráfego correspondente, isso se aplica à suposição de que os intervalos de tempo entre a chegada das chamadas consecutivas estão distribuídos de forma exponencial. Embora na prática não seja satisfeita a condição de um número infinito de fontes de tráfego, o seu número ou o de troncos de entrada, em relação ao número de troncos de saída de um grupo é tão grande que se pode partir das condições citadas sem grande prejuízo de exatidão. Os dados de dimensionamento, calculados dentro dessas condições, dão sempre resultados com uma probabilidade de bloqueio um pouco maior do que a existente na prática, ou alternativamente a uma carga oferecida permissível um pouco menor que a real.

- Distribuição dos tempos de ocupação

Outro fator que se deve levar em conta é o tempo de ocupação, no que se diz respeito à oscilação desses tempos em torno de seu valor médio. Essa variação é importante quando analisa-se, por exemplo, o tempo de espera para uma saída ocupada ficar livre novamente. Em sistemas de fila de chamadas nos PABX's isso é uma análise crítica e vem de encontro diretamente com as políticas de qualidade de serviço.

2.3.7 GRAU DE SERVIÇO

É a unidade que define a qualidade do tráfego processado (SIEMENS S.A., 1975). É totalmente dependente da análise de tráfego aplicada a determinado sistema. Nos sistemas de

perda, o grau de serviço do sistema é definido quantitativamente pelo valor da perda (ou bloqueio). Nos sistemas de espera, o grau de serviço é definido pelo tempo que o assinante aguarda uma conexão livre. Quanto maior o tempo de espera, menor será o grau de serviço verificado.

2.3.8 OUTROS ASPECTOS QUE INFLUENCIAM O TRÁFEGO

Quase que a totalidade das centrais públicas e PABX's hoje em dia possuem tecnologia digital e toda a comutação é realizada por processamento computadorizado. Ou seja, as centrais possuem micro-processadores que administram todo o processo de comutação entre ramais, troncos, análise de rotas, etc. Por mais otimizados que sejam esses processadores, eles estarão sujeitos à uma sobrecarga de processamento. Isso irá gerar um novo tipo de congestionamento, diferente de circuitos comutados. A sobrecarga de processamento acaba por influenciar no processo, mesmo o sistema tendo disponibilidade de troncos externos, por exemplo. Esse tipo de tráfego não é analisado pelas leis de Erlang, sendo eventos esporádicos, mas cruciais se forem analisadas as probabilidades de sobrecarga de processamento nos sistemas atuais, que possuem infinitos periféricos funcionando em conjunto com sistemas telefônicos convencionais.

2.4 REDES DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

Modernas tecnologias digitais permitem diferentes setores (telecomunicações, dados, radio, televisivo) a serem fundidos em um mesmo processo. Esta ocorrência, comumente chamada no meio por convergência, está acontecendo em escala global e está drasticamente alterando o modo como pessoas e equipamentos se comunicam. No centro deste processo, formando o *backbone* e fazendo a convergência possível, estão as redes IP.

Serviços e dispositivos integrados para funções como telefonia, entretenimento, segurança ou para fins pessoais estão constantemente sendo desenvolvidos, convergindo para um padrão de comunicação que é independente das conexões físicas. A rede de cabeamento de TV, a primeiro momento designada para transmitir sinais televisivos aos clientes, agora pode enviar email, permite surfar na Web ou até mesmo monitorar uma câmera enviando fotos ao vivo de um outro continente. Além do mais, essas características estão presentes sobre outras redes físicas, como exemplo a de telefonia fixa e móvel, satélites e rede de computadores.

Neste tópico a abordagem será dinâmica, apenas abordando temas e protocolos que terão relação direta com a voz sobre IP.

2.4.1 DEFINIÇÃO DE UMA REDE DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

A *Internet* se tornou o mais poderoso fator que guia o processo de convergência. Isto se deve ao fato do TCP/IP ter se tornado um padrão compartilhado que se usa atualmente em qualquer tipo de serviço. O TCP/IP consiste primeiramente no *Internet Protocol* (IP) e no *Transport Control Protocol* (TCP). Conseqüentemente, o termo TCP/IP comumente se refere a toda família de protocolos. As redes baseadas em IP são de grande importância na atual sociedade sedenta por informação. Uma rede de dados é formada fundamentalmente de duas partes, os nós e os *links*. O nó é algum tipo de dispositivo de rede, como um computador. Nós são capazes de se comunicar com outros nós através de *links*, cabos por exemplo. Existem basicamente duas maneiras de dois nós se comunicarem entre si em uma rede. Por comutação de circuito e por comutação de pacotes. O primeiro é utilizado nos sistemas de telefonia tradicional enquanto o segundo é utilizado em redes de dados. Tratando-se de informação digital, precisa-se diferenciar “comunicação” de “transmissão”.

Analogamente, pode-se pegar como exemplo a fala humana. As palavras que chegam ao ouvinte precisam ser organizadas para fazer algum sentido. Se elas chegam muito rápidas ou muito lentas, o locutor não terá sua fala entendida perfeitamente. Se muitas pessoas falam ao mesmo tempo ninguém vai entender. Se uma pessoa conversa com outra pessoa em uma língua desconhecida, a informação será perdida. A fala gera ondas sonoras que são transmitidas através do ar até o ouvinte. Isto, por si só não garante a comunicação, a qual pressupõe que ocorra o entendimento da mensagem pelo ouvinte. A comunicação digital possui problemas similares que precisam ser resolvidos. O receptor precisa saber como bits de mensagem são organizados para compreender a mensagem. O receptor precisa saber a taxa de transmissão que os bits estão chegando para interpretar a mensagem.

Adicionalmente, algumas regras precisam especificar o que irá acontecer se muitos dispositivos de rede tentarem usar uma mídia compartilhada simultaneamente. A melhor maneira para garantir que os dispositivos de rede enviem e recebam de maneira compatível a

informação, é padronizando protocolos que definem as regras e a maneira como esses dispositivos iniciam e processam a comunicação.

As redes de dados foram desenvolvidas pela necessidade de comunicação entre várias estações de trabalho. Não existia ainda uma maneira eficiente para compartilhamento de dados se a rede não possuísse como ponto central um *mainframe*. Várias estações de trabalho que efetivamente precisavam compartilhar e acessar dados de outras estações simples (e não servidores), não podiam (ou melhor, não desejavam) usar disquetes para isso.

No início da década de 80 começaram a surgir as primeiras redes corporativas pelo mundo, impulsionadas pela necessidade de comunicação entre usuários. O início foi um tanto quanto conturbado, cada empresa que criava o *hardware* e o *software* para uso próprio, acabavam “criando” padrões proprietários, pois nada era regulamentado e não haviam entidades para controlar isso. O resultado era que redes diferentes tinham imensa dificuldade para comunicar-se entre si. Com todos esses problemas, uma das primeiras soluções foi criar padrões de redes locais (LAN's), que ofereciam um conjunto aberto de diretrizes para a criação de *hardware* e *software* de rede. Com o crescimento destas redes locais, tornou-se necessário expandir estas redes, surgindo assim as redes metropolitanas (MAN's) e as redes de longa distância (WAN's).

2.4.2 TOPOLOGIAS DE REDE

Define-se topologia como sendo a forma organizacional que uma rede é estruturada. Podemos dividir essa organização em duas formas: a topologia física (que envolve cabos, interligações) e a topologia lógica (acesso dos *hosts* aos meios físicos para envio de dados). Existem vários tipos de topologia física:

- a) Barramento (*bus*): todos os *hosts* são ligados diretamente à um mesmo cabo *backbone*, e compartilham o mesmo meio físico para transmissão de dados.
- b) Anel (*ring*): conecta os *hosts* ao seu “vizinho” mais próximo, formando-se um “anel” de forma que o primeiro *host* seja conectado ao último.
- c) Estrela (*star*): Todos os *hosts* são conectados à um ponto central, em geral um equipamento concentrador.

- d) Estrela estendida (*extended star*): usa várias redes em “estrela”, através de seus equipamentos concentradores.
- e) Hierárquica: semelhante à “estrela estendida”, porém, ao invés de unir os concentradores, o sistema é vinculado a um computador que controla o tráfego na topologia.

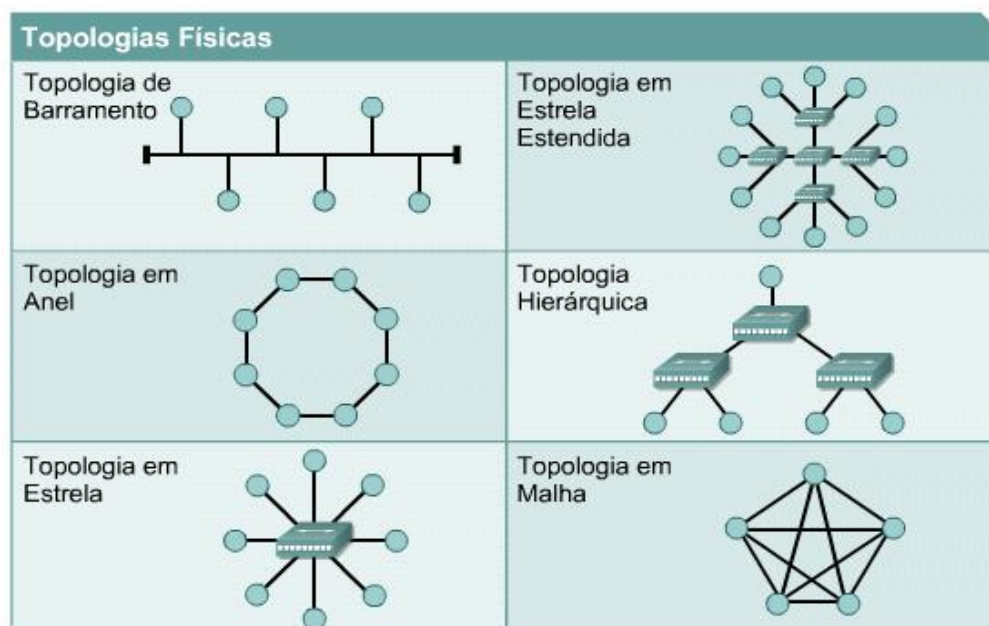


Figura 3 – Topologias de rede
(fonte: Programa Cisco Networking Academy, CISCO 2005)

Quanto às topologias lógicas, basicamente são duas: *broadcast* e passagem de *token*. A primeira significa que cada *host* envia os dados a todos os outros hosts conectados ao mesmo meio físico. Não existe controle da ordem de recebimento ou envio, a regra é quem ocupa o meio físico primeiro envia antes e os outros aguardam (ou acabam por enviando ao mesmo tempo gerando colisões). As redes *Ethernet* usam essa topologia. A topologia lógica de passagem de *token* controla o acesso ao meio através da passagem do *token* (bastão) eletrônico. Quando um dos *hosts* recebe o *token* significa que ele pode enviar os dados no momento. Quando o *token* é passado ao próximo *host*, este terá a chance de enviar os seus dados, caso existam. Um exemplo de redes que utilizam tal tecnologia são a *Token Ring* e a *FDDI* (*Fiber Distributed Data Interface*).

2.4.3 PROTOCOLOS DE REDE

Um protocolo é uma descrição formal de um conjunto de regras e convenções que governam a maneira de comunicação entre dispositivos em uma rede. Os protocolos determinam o formato, temporização, seqüência e controle de erros na comunicação de dados.

Desde o surgimento das primeiras redes de computadores, vários protocolos foram criados, aprimorados ou simplesmente caíram em desuso. Uma definição bem prática para este “problema” foi bem colocada por Douglas Comer (1998):

Utilize os padrões dos protocolos existentes sempre que esses padrões se aplicarem; crie novos protocolos apenas quando os padrões existentes forem insuficientes e esteja apto para utilizar novos padrões quando eles se tornarem disponíveis e proporcionarem uma funcionalidade equivalente.

A pilha de protocolos TCP/IP, por exemplo, não foi criada com o objetivo de ignorar ou evitar padrões existentes. Surgiu simplesmente porque nenhum dos protocolos existentes satisfaziam a necessidade de um sistema de comunicação de interligação em redes inter-operável.

Hoje as regras e diretrizes destes protocolos são criadas e mantidas por diferentes organizações e comitês. Temos o IEEE (*Institute of Electrical and Eletronic Engineers*), ANSI (*American National Standards Institute*), TIA (*Telecommunications Industry Association*), EIA (*Eletronic Industry Alliance*) e a ITU (*International Telecommunications Union*) que era a antiga CCITT.

2.4.4 TIPOS DE REDES

As redes de computadores podem ser classificadas de duas formas: pela sua dispersão geográfica e pelo seu tipo de topologia de interconexão. Em relação à dispersão geográfica, pode-se classificá-las como:

a) LAN (*Local Area Network*) – São redes de pequena dispersão geográfica, com equipamentos interligados numa mesma sala, prédio, ou campus, com a finalidade de

compartilhar recursos associados aos computadores, ou permitir a comunicação entre os usuários destes equipamentos.

b) **MAN (Metropolitan Area Network)** - Uma MAN é uma rede que abrange toda a área metropolitana como uma cidade ou área suburbana. Uma MAN geralmente consiste em duas ou mais redes locais interligadas em uma mesma área geográfica.

c) **WAN (Wide Area Network)** – As WAN podem ser definidas como um conjunto de MAN's interligadas entre si, cobrindo uma vasta área geográfica, geralmente distâncias entre cidades, estados e até países. A *Internet* pode ser considerada um WAN.

Quanto à topologia de interconexões, as redes são classificadas em:

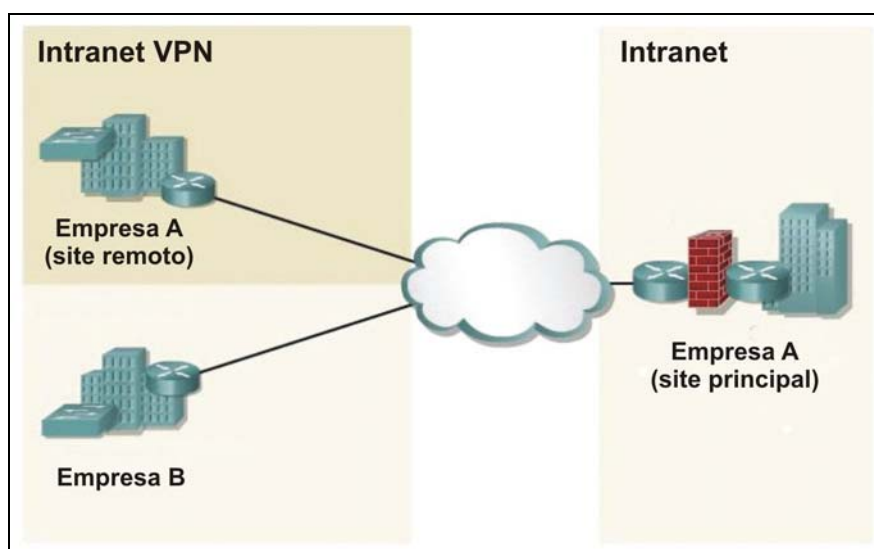


Figura 4 – Exemplo de VPN, intranet e extranet
(fonte: Programa Cisco Networking Academy, CISCO 2005)

a) **VPN** - Uma *Virtual Private Network* é uma rede particular que é construída dentro de uma infra-estrutura de rede pública como a *Internet* global. Ao usar uma VPN, um computador qualquer (que tenha acesso autorizado) pode acessar a rede da matriz de determinada empresa, através da *Internet*, criando um túnel seguro entre o PC deste computador até o roteador da VPN na matriz.

b) **Intranet** - É uma configuração comum de uma rede local. Os servidores *Intranet* da Web diferem dos servidores públicos da Web dado que o público deve ter permissões e senhas corretas para acessarem a *Intranet* de uma organização. *Intranets* são projetadas para permitir

o acesso somente de usuários que tenham privilégios de acesso à rede local interna da organização. Dentro de uma *Intranet*, servidores *Web* são instalados na rede. A tecnologia do navegador *Web* (*browsers*) é usada como uma interface comum para acessar informações e arquivos pertencentes ou pertinentes à organização.

c) *Extranet* – Referem-se aos aplicativos e serviços desenvolvidos para a *Intranet* e que, através de acesso seguro, têm seu uso estendido a usuários ou organizações externas. Geralmente este acesso é realizado através de senhas, *ID's* dos usuários e outros meios de segurança ao nível do aplicativo. Portanto, uma *Extranet* é uma extensão de duas ou mais estratégias da *Intranet* com uma interação segura entre organizações participantes e suas respectivas *intranets*.

2.4.5 TAXA DE TRANSMISSÃO

2.4.5.1 Importância da taxa de transmissão

Taxa de transmissão (comumente chamada largura de banda) é definida como a quantidade de informações que flui através de uma conexão de rede durante um certo período de tempo. Ela é limitada por leis da física e pelas tecnologias usadas para colocar as informações nos meios físicos. Nem sempre um tipo de meio físico pode determinar a taxa de transmissão máxima que o meio suportará. Existem centenas de tipos de meios e cada um desses meios de transmissão se utiliza de várias tecnologias diferentes para transmissão de dados. Por exemplo, a taxa de transmissão de um modem convencional está limitada a aproximadamente 56 kbps pelas propriedades físicas dos fios de par trançado da rede de telefonia e pela tecnologia do modem. Entretanto, as tecnologias usadas pelo DSL também usam os mesmos fios de telefone de par trançado, e ainda assim o DSL proporciona uma taxa de transmissão muito maior do que a disponível com modems convencionais. Assim, mesmo os limites impostos pelas leis da física são às vezes difíceis de serem definidos. A fibra óptica possui o potencial físico de fornecer uma taxa de transmissão virtualmente sem limites. Mesmo assim, a taxa de transmissão da fibra óptica não pode ser completamente entendida até que as tecnologias sejam desenvolvidas para aproveitar de todo o seu potencial.

A demanda por taxa de transmissão atingiu patamares há anos atrás nunca imaginados ou planejados. Grandes operadoras e prestadoras de serviços hoje em dia não vendem mais simplesmente equipamentos ou *links* de comunicação. Eles vendem capacidade de taxa de

transmissão, pois este é o ponto crucial para a gerência de redes das grandes organizações atualmente.

2.4.5.2 A unidade de taxa de transmissão

Nos sistemas digitais, a unidade básica de taxa de transmissão é bits por segundo (bps). A taxa de transmissão é a medida da quantidade de informação que pode ser transferida de um lugar para o outro em um determinado período de tempo, ou segundos. Apesar de que a taxa de transmissão pode ser descrita em bits por segundo, geralmente pode-se usar algum múltiplo de bits por segundo. Em outras palavras, a taxa de transmissão é tipicamente descrita como milhares de bits por segundo (Kbps), milhões de bits por segundo (Mbps), bilhões de bits por segundo (Gbps) e trilhões de bits por segundo (Tbps). Embora os termos taxa de transmissão e velocidade sejam freqüentemente confundidos, não são exatamente sinônimos. Pode-se dizer, por exemplo, que uma conexão T3 a 45Mbps opera a uma velocidade mais alta que uma conexão T1 a 1,544Mbps. No entanto, se apenas uma pequena quantidade da sua capacidade de transmitir dados estiver sendo usada, cada um desses tipos de conexão transportará os dados com aproximadamente a mesma velocidade. Por exemplo, uma pequena quantidade de água fluirá à mesma taxa através de um cano fino ou através de um grosso. Portanto, é mais adequado dizer que uma conexão T3 tem uma taxa de transmissão maior que uma conexão T1 (utilizando-se o mesmo padrão de modulação/codificação). A razão é que a conexão T3 é capaz de transmitir mais informações durante o mesmo período de tempo e não porque tem uma velocidade mais alta.

2.4.5.3 Throughput

O *throughput* se refere à taxa de transmissão real (medida) que um meio de transmissão é capaz de suportar. Em geral o *throughput* é muito menor que a taxa de transmissão (teórica) digital máxima possível do meio que está sendo usado. Fatores como dispositivos de interconexão, tipos de dados sendo transferidos, topologias de rede, número de usuários na rede, estado dos equipamentos terminais, são cruciais na limitação do *throughput*.

2.4.6 ARQUITETURA TCP/IP

2.4.6.1 Introdução ao TCP/IP

O TCP/IP foi criado pela organização norte-americana ARPA (*Advanced Research Projects Agency*), conhecida na década de 80 como *Defense Advanced Research Projects Agency*. A tecnologia da ARPA inclui um conjunto de padrões de rede que especificam os detalhes do sistema pelo qual os computadores se comunicam, bem como um conjunto de convenções para interconexão em redes e para roteamento. Denominado oficialmente Pilha de Protocolos de interligação em redes TCP/IP, e geralmente citado simplesmente como TCP/IP, essa pilha pode ser utilizada para comunicação em qualquer conjunto de redes interconectadas.

Embora a tecnologia TCP/IP seja, por si só, notável, ela é especialmente interessante porque sua viabilidade foi demonstrada em larga escala. Constitui a tecnologia de base para uma interligação em redes global que conecta domicílios, campus universitários e outras escolas, organismos e laboratórios do governo em 61 países. Nos Estados Unidos, a *National Science Foundation* (NCF), o *Department of Energy* (DOE), a *Health and Human Services Agency* (HHS), e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) participaram do financiamento da *Internet* ARPA/NSF, *Internet* TCP/IP, *Internet* Global, ou simplesmente *Internet*. A interligação em redes resultante permite que os pesquisadores de instituições conectadas compartilhem informações com seus colegas de todo o mundo com a mesma facilidade que compartilham informações com pesquisadores da sala ao lado. Um sucesso extraordinário, a *Internet* demonstra a viabilidade da tecnologia TCP/IP e mostra como pode se lidar com uma diversidade de tecnologias de redes.

2.4.6.2 Camadas do modelo TCP/IP

Aplicativo	
Fluxo Confiável (TCP)	Datagrama do Usuário (UDP)
Internet (IP)	
Interface da Rede	

Figura 5 – Divisão conceitual em camadas do modelo TCP/IP
(fonte: FLORES, 2005)

A camada de “Acesso à Rede” (representada como Interface de Rede) se equivaleria às duas primeiras camadas do modelo OSI, ou seja, a camada física e de enlace de dados. Embora o modelo TCP/IP não especifique nada para esta camada, ela apenas diz que o *host* deve se conectar ao meio físico utilizando um protocolo, a fim que seja possível enviar pacotes IP. A camada seguinte de Rede (*Internet*) é usada para atribuir endereço de rede (IP) ao sistema e rotear a informação para a rede correta. Tem ainda a função de ligação entre as camadas superiores e os protocolos de *hardware* da camada inferior. A terceira camada, denominada de Transporte, subdivide-se nos protocolos TCP e UDP. O TCP (*Transmission Control Protocol*), fornece formas excelentes e flexíveis de se desenvolver comunicações de rede confiáveis com baixa taxa de erros e bom fluxo. O TCP é um protocolo orientado para conexões e mantém um diálogo entre a origem e o destino enquanto empacota informações da camada de aplicação em unidades chamadas segmentos. Orientado para conexões não significa que exista um circuito entre os computadores que se comunicam (o que poderia ser comutação de circuitos). Significa que segmentos da camada 4 trafegam entre dois *hosts* para confirmar que a conexão existe logicamente durante um certo período. O UDP não é orientado à conexão, sendo um serviço de transmissão sem conexão, não confiável, usando o IP para transportar mensagens entre máquinas. Usa o IP para transportar mensagens, porém acrescenta a habilidade de distinguir entre múltiplos destinos um certo *host*. Finalmente, a última camada de Aplicação, que trata de protocolos de alto nível, questões de representação, codificação e controle de diálogo (camadas 5, 6 e 7 do modelo OSI).

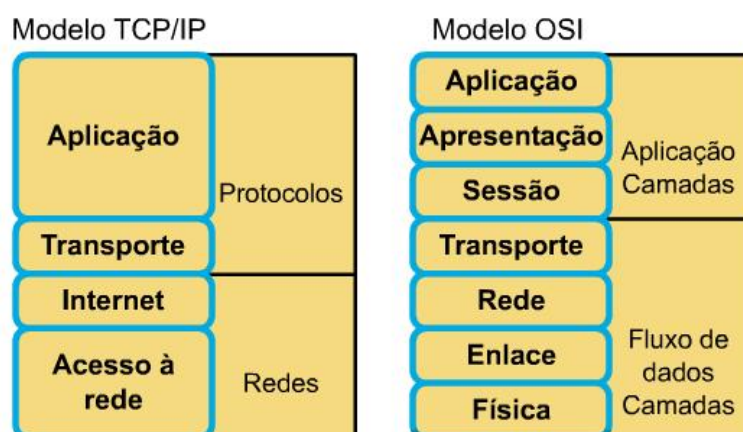


Figura 6 – Comparação do modelo OSI e TCP/IP
(fonte: Programa Cisco Networking Academy, CISCO 2005)

2.4.7 UDP (*USER DATAGRAM PROTOCOL*)

O UDP fornece o mecanismo principal utilizado pelos programas aplicativos (inclusive os de voz sobre IP) para enviar datagramas a outros programas iguais, fornecendo portas de protocolo para estabelecer a distinção entre os diversos programas executados em uma única máquina. Ou seja, cada mensagem UDP possui em seu cabeçalho informação da porta de destino e da porta de origem, possibilitando a correta entrega da mensagem no destino e permitindo o envio de resposta ao destinatário e aplicativo corretos.

Este protocolo fornece um serviço de transmissão sem conexão, não confiável, usando o IP para transportar mensagens entre máquinas. Usa o IP para transportar mensagens, porém acrescenta a habilidade de distinguir entre múltiplos destinos em um certo *host*. Desta forma, os programas aplicativos que se utilizam do UDP precisam aceitar inteira responsabilidade para lidar com o problema de confiabilidade, inclusive perda de mensagem, duplicação, retardo, transmissão defeituosa e perda de conectividade.

2.4.7.1 Mensagens UDP

O formato da mensagem UDP é basicamente composta de duas partes: cabeçalho e dados. O cabeçalho se divide em quatro partes, cada um de 16 bits, conforme demonstrado na figura 7.

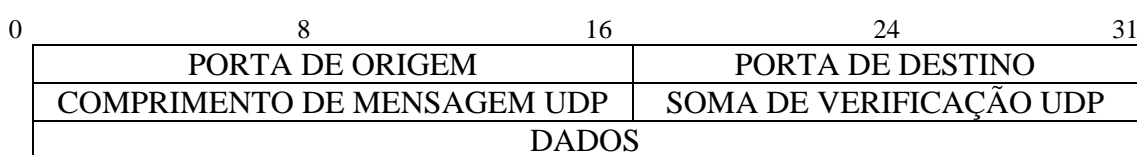


Figura 7 – Campos do cabeçalho UDP
(fonte: FLORES, 2005)

Os campos “Porta de Origem” e “Porta de Destino” especificam os números de porta do protocolo UDP, para demultiplexar os datagramas entre os processos que esperam recebê-los, sendo que a porta de origem é opcional, sendo usada para especificar a porta para a qual devem ser enviadas as respostas, quando houverem. Caso não seja utilizada, o seu valor é zero. No campo “Comprimento” existe o valor correspondente ao número de octetos utilizados no datagrama UDP (incluindo cabeçalho e dados do usuário). Como o comprimento do cabeçalho é 8 octetos, o valor mínimo então é 8. Por fim o campo “Soma de Verificação” é

opcional e não precisa ser usado. Um valor zero significa que a soma de verificação não foi utilizada.

2.4.7.2 Encapsulamento UDP

O UDP é um protocolo de transporte e situa-se logo acima da camada do *Internet Protocol* (IP). Basicamente, os programas aplicativos que acessam o UDP utilizam o IP para enviar e receber datagramas. Uma mensagem UDP completa, incluindo cabeçalho e dados, está encapsulada em um datagrama IP, enquanto é transportada através de uma interligação em redes.

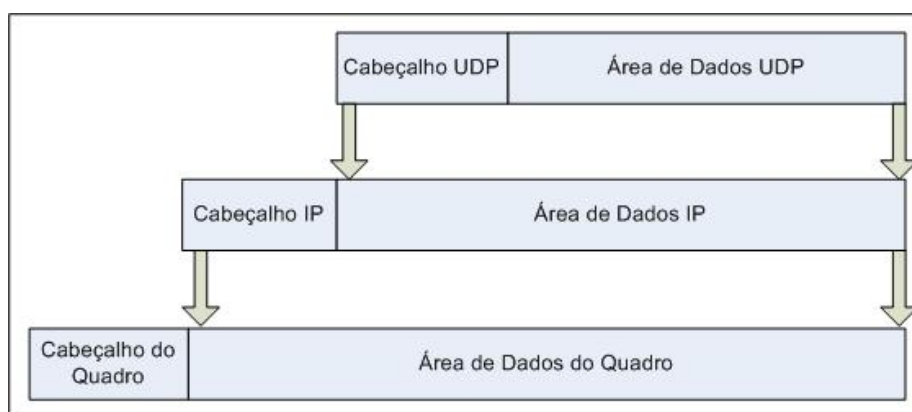


Figura 8 – Encapsulamento UDP
(fonte: FLORES, 2005)

“A divisão de obrigações entre as camadas de Transporte e *Internet* é clara. A camada IP é responsável apenas pela transferência de dados entre um par de *hosts* em uma interligação em redes, enquanto a camada UDP é responsável apenas pela diferenciação entre múltiplas origens ou destinos em um *host*” (Comer 1998).

2.4.7.3 Mecanismo de portas UDP

Toda multiplexação e demultiplexação entre o *software* UDP e os programas aplicativos ocorre através do mecanismo da porta. Cada programa aplicativo deve negociar com o sistema operacional a fim de obter uma porta de protocolo e um número de porta correspondente, antes que ele possa enviar um datagrama UDP. Uma vez que a porta tenha sido atribuída, qualquer datagrama que o programa aplicativo enviar através da porta terá aquele número de porta em seu campo “Porta de Origem UDP”. Enquanto está processando a

entrada, o UDP aceita datagramas recebidos do *software* IP e procede à demultiplexação tendo como base a porta de destino do UDP.

Uma forma mais simples de conceber uma porta UDP é uma fila. O sistema operacional cria uma fila interna que pode reter as mensagens que estão chegando, criando-se uma espécie de *buffer* de entrada. Recebida a mensagem, o UDP verifica se a porta de destino da mensagem é a mesma que o programa aplicativo receptor está usando. Se não for, descarta o datagrama e envia uma mensagem ICMP de “porta não atingida”.

2.4.8 TCP (*TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL*)

O TCP prove serviço de transmissão de *stream* confiável e orientado à conexão. O termo “orientado à conexão” significa que dois programas aplicativos usando o TCP precisam estabelecer uma conexão TCP entre eles antes de iniciar a troca de dados entre as duas partes. É um protocolo *full-duplex*, ou seja, cada conexão TCP suporta duas *streams* de dados, cada um fluindo em uma direção. O TCP possui um mecanismo de controle de fluxo em cada uma dessas *streams* que permitem ao receptor limitar o montante de dados que a origem pode transmitir. O TCP também implementa um eficiente controle de congestionamento.

Na figura 9, pode-se observar um exemplo de conexão via portas TCP. Cada um dos lados possui uma porta e estabelecem uma conexão (confiável) lógica entre as partes, sendo o IP o responsável pelo transporte do datagrama TCP (encapsulamento do datagrama TCP dentro do IP, igual ao UDP).

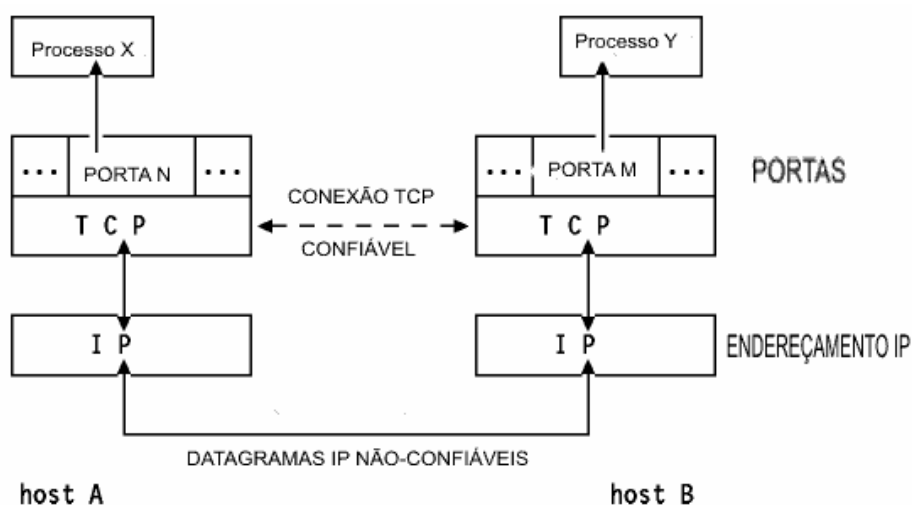


Figura 9 – Exemplo de conexão TCP
(fonte: FLORES, 2005)

Como no UDP, o segmento TCP é dividido em duas partes: cabeçalho e dados. O cabeçalho TCP carrega informações de identificação e controle. Os campos “número de porta de origem” e “número de porta de destino” contêm os números das portas que identificarão os programas aplicativos nas extremidades da conexão. O campo “número de sequência” possui a posição no *stream* de octetos do transmissor dos dados no segmento. O campo “número de reconhecimento” identifica o número de octetos que a origem espera receber depois. No campo “comprimento de cabeçalho” se encontra o número inteiro que representa o comprimento do cabeçalho do segmento, medido em múltiplos de 32 bits. Isso é necessário porque o campo “opções” varia em comprimento, dependendo de quais opções foram incluídas. No campo seguinte ao “reservado” (que é reservado para uso futuro), temos os *code bits*, que determinam a finalidade e o conteúdo do segmento, conforme demonstrado na figura 11.

Bit (da esquerda para a direita)	Significado se o bit for “1”
URG	Campo de ponteiro urgente é válido
ACK	Campo de reconhecimento é válido
PSH	Este segmento requer <i>push</i>
RST	Restabelecer a conexão
SYN	Sincronizar os números de sequência
FIN	O emissor atingiu o final do fluxo de octetos

Figura 11 – Campo *Code Bits* do cabeçalho do segmento TCP
(fonte: FLORES, 2005)

O protocolo TCP informa quantos dados está esperando receber sempre que envia um segmento, ao especificar o tamanho de seu *buffer* no campo “tamanho de janela”. O campo contém um número inteiro, não marcado, de 16 bits, em uma ordem de octetos no padrão da rede.

2.5 VOZ SOBRE IP

2.5.1 SURGIMENTO DA VOZ SOBRE IP

Desde sua invenção, os sistemas de telefonia substancialmente não mudaram muito. É óbvio que novas tecnologias foram aperfeiçoando o sistema como um todo, mas no geral a funcionalidade permaneceu a mesma. Ao decorrer dos anos, os provedores de serviços de telefonia fizeram inúmeras mudanças no sistema, sem que os usuários finais percebessem. O usuário acaba não sabendo como o sistema como um todo funciona, mas têm certeza de duas

coisas: o velho aparelho telefônico ainda é usado e os provedores de serviços cobram por qualquer adição de novos serviços na rede.

Nos anos 90, um número considerável de pesquisadores, seja por motivos educacionais ou comerciais, aprofundaram o interesse em levar voz e vídeo para as redes IP, especialmente nas *Intranets* e na própria *Internet*. Essa tecnologia é comumente chamada hoje em dia de VoIP e é, em miúdos, o processo de fracionar áudio e vídeo em pequenas partes, transmitindo essas pequenas partes por uma rede IP, e remontando essas pequenas partes novamente no destino, para assim se estabelecer a comunicação entre dois pontos de áudio e vídeo.

A idéia do VoIP certamente não é inovadora, pois existem documentos de pesquisa e patentes existentes há décadas e demonstrações do conceito dado há anos atrás. A partir dos anos 90 a *Internet* foi popularizando-se de tal forma que a quantidade de pessoas conectadas à grande rede crescia de forma exponencial. Antes disso, a *Internet* era limitada somente à ambientes acadêmicos de pesquisa.

2.5.2 IMPORTÂNCIA DA VOZ SOBRE IP

Uma das coisas mais importantes acerca do VoIP não é limitada à comunicação de voz. De fato, várias tentativas tem sido realizadas para mudar este termo popular de marketing para um melhor termo que reflita de fato que VoIP significa conferência de voz, vídeo e dados. Todas essas tentativas tem falhado até agora, mas entenda-se que telefonia de vídeo e comunicação de texto em tempo real (ToIP), por exemplo, estão definitivamente dentro do escopo do VoIP.

O VoIP é importante porque, pela primeira vez em mais de 100 anos, existe a oportunidade de trazer a tona uma significativa mudança na maneira como as pessoas se comunicam. (PACKETIZER, 2005).

Adicionalmente aos telefones que são usados hoje para comunicação em tempo real, têm-se a possibilidade de usar dispositivos IP puros, incluindo *desktops* e telefones sem fio. Existe ainda a possibilidade de usar videofones, como aparece freqüentemente em filmes de ficção científica. Melhor que ligar para casa e falar com sua família, um indivíduo poderá ligar para VER a sua família.

Um dos aspectos mais interessantes do VoIP é a possibilidade de integrar um telefone normal ou videofone com um computador pessoal (PC). Uns podem usar o computador exclusivamente para comunicações de voz e vídeo (*softphones*), usar um telefone para voz e o computador para vídeo, ou simplesmente usar o computador em conjunto com um telefone para voz e vídeo em separado para prover funções de conferência, como compartilhamento de aplicações, Chat, etc.

O VoIP permite também usar uma conexão simples de alta velocidade para todos os tipos de comunicação: voz, vídeo e dados. Assim, têm-se a convergência de serviços. Resumidamente, VoIP permite às pessoas se comunicar com mais opções e com mais flexibilidade.

2.5.3 FUNCIONAMENTO BÁSICO

Basicamente, o VoIP é o processo de digitalizar a voz e transmiti-la através de uma rede IP, onde duas partes irão estabelecer comunicação.

Claro que o processo envolve muito mais aspectos técnicos para funcionar. Depois de captar as amostras de som, o computador deve comprimir a informação relativa para diminuir a taxa de transmissão e também limitar a faixa de frequência. O algoritmo que faz essa compressão e descompressão é chamado CODEC (COdificador/DECodificador). Vários tipos de CODEC's existem para diferentes tipos de aplicações. Aqueles que são voltados para VoIP, são otimizados à comprimir voz, com significativa redução de taxa de transmissão utilizada, comparado a transmissão de voz não comprimida.

Uma vez o som captado, ele é comprimido e dividido em pequenas partes, que são coletadas e distribuídas em pacotes IP. Geralmente cada pacote IP contém de 20 a 30 ms de áudio.

Muitos desses pacotes se perdem em seu caminho ao destinatário e assim os CODECs precisam compensar essa perda preenchendo “as lacunas” com áudio perceptível ao ouvido humano. Este processo é chamado “Encobrimento de Pacotes Perdidos” ou *Packet-Loss Concealment* (PLC). Outro método para endereçar perda de pacotes é conhecido como *Forward Error Correction* (FEC), que inclui algumas informações de pacotes previamente transmitidos nos pacotes subsequentes. Com algumas operações matemáticas é possível reconstruir um pacote perdido.

Outro problema crítico que pode acontecer é o atraso dos pacotes. Quando um pacote se atrasa em seu caminho, este é simplesmente descartado, como se ele nunca fosse recebido. Isso é aceitável quando os algoritmos de PLC conseguem amenizar os efeitos desse atraso.

Os computadores geralmente mensuram o atraso do pacote e esperam que o atraso permaneça relativamente constante. Mas o atraso geralmente pode aumentar ou diminuir no curso da conversação. A variação no atraso (chamado de *jitter*) é o mais frustrante erro para os dispositivos IP. Em geral, boas redes de dados possuem atraso (*end-to-end*) de no máximo 100 ms, mas é aceitável que o atraso seja de até 400ms.

A transmissão de vídeo funciona da mesma forma. A informação de vídeo captada por uma câmera é quebrada em pequenas partes, comprimidas por um CODEC apropriado, e depois dispostas em pacotes IP para transmissão pela rede. Este é um dos motivos do VoIP ser uma promissora tecnologia: adicionar vídeo ou qualquer outro tipo de mídia é relativamente simples.

É claro que existem muito mais sobre VoIP que somente mandar pacotes de áudio e vídeo pela *Internet*. É necessário haver um protocolo de acordo com as necessidades, para ditar como computadores encontrarão uns aos outros e como a informação será trocada para permitir aos pacotes serem transmitidos de um dispositivo a outro.

2.5.4 QUALIDADE DE VOZ

Sem dúvida a tecnologia de voz sobre IP revolucionou a tão estável rede de comunicação de voz tradicional. Por que mexer em algo que está funcionando perfeitamente, é absolutamente estável e possui uma rede de abrangência de proporções continentais? A idéia do VoIP surgiu com força muito grande em tempos onde procura-se reduzir custos de serviços e a concorrência é acirrada. Mas o VoIP é uma tecnologia nova, suscetível a problemas como eco e atraso na voz, coisa que nem imaginamos acontecer em nossas linhas residenciais.

A voz sobre IP depende de muitas outras coisas além de simples pares de fios que conduzem sinais elétricos. O desempenho em uma rede local ou em *links* interligando redes locais é crucial para o bom funcionamento da voz sobre IP. Não tendo o desempenho desejado, fatalmente a qualidade no transporte dos pacotes de dados, contendo a voz codificada, irá ser

prejudicada. Por esse motivo, a qualidade de voz é um assunto tão importante quanto a análise de protocolos do H.323 ou SIP.

As fontes mais significativas de degradação da qualidade de voz são:

- Rede IP introduz perda de pacotes, atraso e *jitter*;
- Os *buffers* de *jitter* (JB) influenciam o atraso de fim a fim e a perda de quadros;
- As interfaces acústicas introduzem eco acústico;
- As interfaces analógicas introduzem eco elétrico em híbridos.

2.5.5 MENSURANDO A QUALIDADE DE VOZ

Em telefonia, especialmente quando usamos codecs para comprimir o padrão de 64 kbps da modulação PCM para taxa de transmissão menores, se faz necessário uma escala para mensurar a qualidade do áudio gerado a partir destes codecs. O teste mais utilizado para voz sobre IP é o MOS (*Mean Opinion Score*), especificado pela recomendação P.800 do ITU-T. Este teste provê uma indicação numérica da qualidade observada de uma conversação humana, recebida por uma conexão qualquer. Ela é expressa com um número simples, no intervalo de 1 à 5, onde 1 é a pior qualidade observada e 5 a melhor qualidade observada.

Um valor MOS é alcançado a partir de vários testes, seguindo uma lista de procedimentos padrões pré-definidos e analisando-se sentenças-teste para em seguida um ouvinte dar sua nota. O ouvinte pode ser tanto um humano quanto um equipamento de teste. A escala utilizada para o MOS segue os parâmetros de análise de tabela abaixo (Tabela 1).

Escala	Qualidade do áudio	Nível de distorção
5	Excelente	Imperceptível
4	Boa	Perceptível, mas não desconfortável
3	Regular	Perceptível e levemente desconfortável
2	Ruim	Desconfortável, mas não sujeito a objeções
1	Ininteligível	Muito desconfortável e sujeito a objeções

Tabela 1 – Tabela com escala MOS
(fonte: CISCO 2006)

Comparativamente podemos considerar uma pontuação entre 4 e 5 similar à uma conexão ISDN, 3,5 à 4 como qualidade de faixa telefônica, de 3 à 3,5 a comunicação é boa mas a degradação é audível, 2,5 à 3 como qualidade de comunicações militares e abaixo de 2,5 sinais muito ruidosos.

Abaixo na tabela 2, observamos a comparação dos codecs mais comuns do mercado no momento.

Rec. ITU-T	Taxa (kbps)	MOS	Complexidade	Atraso de compressão (ms)
G.711	64	4,1	Mínima	0
G.729a	8	3,7	Média	15
G.729	8	3,92	Média	15
G.723.1	6,3	3,9	Alta	37,5
G.723.1	5,3	3,65	Alta	37,5

Tabela 2 – Tabela comparativa de codecs
(Fonte: UFF)

A sigla “ab” no codec G.729ab significa o suporte ao anexo A e ao anexo B do referido codec. Estes anexos são melhorias e aperfeiçoamentos do codec G.729, podendo-se considerar cada um desses anexos como novas versões do mesmo codec. No anexo A foi implementado uma redução de 50% da complexidade do codec, que influencia diretamente na performance do processamento dos DSPs. O anexo B é que uma versão do G.729 com suporte a VAD (*Voice Activity Detection*) e CNG (*Comfort Noise Generation*), que não influencia no valor médio MOS do G.729a. Se usássemos o G.729 com VAD, então o codec seria o G.729b. A inserção do código “b” ao nome do codec indica somente o suporte à tecnologia VAD e CNG.

A pontuação MOS e a taxa de transmissão utilizada do codec G.723.1 possuem valores de taxa de transmissão excelentes, mas devido a sua complexidade ser de nível alto (o G.729ab é de complexidade média), isso acaba acarretando maior consumo de ciclos de CPU dos DSPs, gerando assim o atraso na compressão.

2.5.6 H.323

A sigla H.323 é o nome dado à recomendação especificada pelo ITU-T, sendo pioneira para se implementar conferência multimídia baseada em pacotes, sobre redes locais, não garantindo qualidade de serviço. Os documentos contidos nesta recomendação abordam

protocolos, métodos e elementos de rede que são necessários para estabelecer conexões multimídia ponto a ponto entre terminais (usuários), além de conferência com três ou mais participantes.

Como quase todas as recomendações do ITU-T, o H.323 possui especificações novas de tempos em tempos, pelo fato de estar em constante evolução e receber inúmeras implementações todo ano. A primeira versão (H.323v1) começou a ser formatada em maio de 1995, sendo aprovada em junho de 1996 com o título “sistemas e equipamentos de telefone visual para redes locais que fornecem uma qualidade de serviço não garantida”. A segunda versão foi aprovada em fevereiro de 1998 com três anexos:

- Mensagens H.245 usadas pelos pontos finais H.323;
- Procedimentos para codecs de vídeo em camadas;
- H.323 sobre ATM

A terceira versão foi aprovada em 1999, trazendo mais três novos anexos:

- Comunicação entre domínios administrativos diversos com o H.225;
- Mecanismo de sinalização de chamadas com base no protocolo UDP;
- Especificação de um subconjunto do H.323 possível de ser implementado em dispositivos de pequeno porte.

O H.323v4 foi aprovado em 2000, trazendo aspectos de confiabilidade, escalabilidade e flexibilidade.

Sem dúvida, o H.323 é um padrão complexo e ainda precisa de muitas interpretações, mas de fato é o protocolo mais maduro para se lidar com voz sobre IP.

2.5.6.1 Principais características

O H.323 é uma especificação “guarda-chuva” que descreve de maneira completa a arquitetura e a operação de um sistema de videoconferências sobre uma rede de pacotes. A estrutura é completa e inclui a especificação de:

- Terminais de videoconferência e de voz;
- *Gateways* entre uma rede H.323 e outras redes de voz e vídeo (H.320, RTCP etc) ou entre redes H.323;
- *Gatekeepers*, que são a parte inteligente da rede H.323, realizando o registro de terminais, admissão de chamadas e muito mais;
- Blocos funcionais MCU (*Multipoint Control Unit*), MC (*Multipoint Controller*) e MP (*Multipoint Processor*) usados para conferências com diversos participantes.

O H.323 também descreve como vários protocolos de comunicação são usados entre estas unidades:

- H.225 – É o canal de sinalização de chamadas, usado durante as fases de estabelecimento e de terminação da chamada, semelhantes a metodologia usada no ISDN (de fato ele usa o formato de mensagens da especificação Q.931)
- RAS – Especificada no H.225, o protocolo RAS (*Registration Admission Status*) é usado entre um terminal e um *gatekeeper* e o protocolo de canal de sinalização de chamadas.
- H.245 – Canal de controle, que é aberto no início da chamada para negociar um conjunto comum de codecs e permanece em uso durante toda a chamada para transportar algumas mensagens de controle.
- H.246 – Descreve detalhes de operação de *gateways* H.323

2.5.6.2 RTP e RTCP

O RTP (*Real-Time Protocol* ou protocolo de transporte em tempo real) foi projetado para permitir que os receptores compensem o *jitter* e a perda de sequência dos pacotes introduzidos pelas redes IP. O RTP pode ser usado para qualquer fluxo de dados em tempo real, como voz e vídeo. O RTP define um modo de formatar pacotes IP que carregam dados isócronos e inclui:

- Informação sobre o tipo de dado transportado;
- *Timestamps*
- Números de sequência.

O RTCP (*Real-Time Control Protocol* ou protocolo de controle em tempo real) geralmente é usado com o RTP para permitir o transporte de algum retorno sobre a qualidade da transmissão (a quantidade de *jitter*, a perda média de pacotes etc) e também pode transportar algumas informações a respeito da identidade dos participantes.

O RTP e o RTCP não tem qualquer influência sobre o comportamento da rede IP, sendo inertes ao controle de qualidade de serviço. A rede pode perder, inserir atraso ou perder a seqüência de um pacote RTP da mesma maneira que qualquer outro pacote IP. O RTP e o RTCP somente permitem aos receptores compensar o *jitter* da rede, por meio do controle de buffer e seqüenciamento apropriados, e ter mais informações a respeito da rede de maneira que medidas corretivas apropriadas possam ser adotadas (redundância, codecs a taxas mais baixas etc).

Como pode-se observar na figura 12, o RTP e RTCP são utilizados acima da camada de protocolos de rede, sendo principalmente usados em cima do UDP, uma vez que o esquema de retransmissão do TCP não é adaptado para dados que precisam ser transportados com uma latência muito baixa, como no caso de comunicações interativas. Nesse caso, o RTP é tradicionalmente associado a uma porta UDP de número par e o RTCP, a próxima porta UDP de número ímpar.

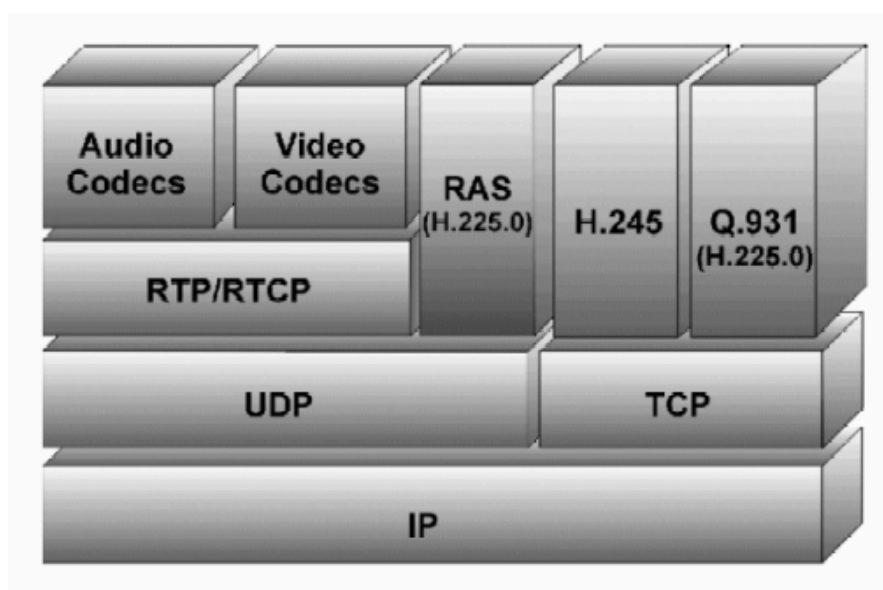


Figura 12 – Pilha de protocolos H.323
(fonte: Unicap 2006)

2.5.6.3 Relação entre H.323 e SIP (*Session Initiation Protocol*)

Notadamente os protocolos concorrentes entre si atualmente são o H.323 do ITU-T e o SIP (IETF 2006). Como o foco deste projeto é o H.323, apenas será realizado um comparativo entre estes dois protocolos.

Dizer que um deles é melhor que o outro, hoje, é precipitação. O H.323 possui a robustez de ser um protocolo com alguns anos de pesquisa e estabilidade, tendo a credibilidade do ITU-T. O SIP, mais recente, possui sinalização mais simplificada e tem tido grande apelo comercial nos últimos anos pelas grandes empresas fornecedoras de equipamentos para voz sobre IP.

Em um mercado que se concentra mais em serviços de valor agregado, a simplicidade relativa do SIP pode vir a se tornar uma verdadeira vantagem. Porém, muitas empresas e operadoras já investiram muito em *hardware* de telefonia IP, e num mercado imaturo como o de telecomunicações, a estabilidade relativa fornecida pelo H.323 é um alívio para estas organizações.

Assim como o H.323 é amplamente utilizado, tornando-se quase que um padrão na indústria de voz sobre IP, o SIP surge com força neste nicho de mercado e começa a competir de igual para igual com o H.323.

Funcionalidades do SIP que o H.323 não tem:

Velocidade – A rapidez com que o SIP troca sinalização é realmente impressionante. Enquanto o H.323 precisa enviar cerca de cinco mensagens para certa tarefa, o SIP o faz em apenas uma. Além disso, o SIP pode usar o UDP, ao passo que o H.323 precisa usar o TCP. Isso inspirou diretamente algumas modificações introduzidas no H.323v2, como o procedimento de *Fast Connect* e a capacidade de “tunelar” mensagens H.245 em mensagens Q.931.

Multicast – O SIP foi projetado para funcionar em *backbones* com capacidade para *multicast*, não apenas para os fluxos de mídia, como o H.323, mas também para as mensagens de sinalização. Para a mesma tarefa o H.323 precisa utilizar mensagens *multi-unicast*.

Uso de URLs – Aparentemente um *alias* de e-mail H.323 (carlos@dominio.com.br) e uma URL SIP (sip:carlos@dominio.com.br) não possuem diferenças. Mas na verdade, um *alias* de e-mail H.323 considera que o protocolo usado seja o H.323, ao passo que o SIP especifica ele mesmo o protocolo na URL. Por causa disso, um servidor SIP pode redirecionar uma chamada para servidores não SIP de maneira bem flexível. Este recurso agora está disponível no H.225v2, mas o esquema de nomes está começando a parecer um pouco desordenado.

Priorização de chamadas – O campo de cabeçalho “*Priority*” é um adicional útil que foi negligenciado no H.323. Muitos países têm exigências legais para priorizar algumas linhas telefônicas.

Codificação de texto – A codificação de texto utilizada pelo SIP facilita a vida dos programadores. É simples, fácil de depurar usando-se *sniffers* de rede e faz com que problemas de interoperabilidade sejam detectáveis “visualmente”. O problema é o tamanho das mensagens e o desempenho, muito menores e melhores no H.323 que possui codificação binária.

Funcionalidades do H.323 que o SIP não tem:

Canais lógicos – O H.323 faz uma distinção clara entre os tipos de mídia que podem ser enviados ou recebidos e as combinações que podem ser válidas por um lado (capacidades) e os tipos de mídia que estão ativos e, de fato, enviados para a rede (canais lógicos) por outro lado. O SIP não possui esta distinção, uma vez que os pontos finais SIP divulgam apenas os codificadores que eles podem receber e não há nenhum procedimento para abrir uma conexão de mídia em separado do ato de efetivamente enviar a mídia. Isso simplifica a sinalização e pode parecer uma vantagem a primeira vista. No entanto, isso vai acabar gerando (no SIP) vários soquetes inativos e como a maioria dos codificadores de voz implementam detecção ativa de voz e podem estar inativos mesmo se os terminais estiverem querendo enviar dados de mídia, a estratégia para fechar esses soquetes inativos não é completamente trivial.

Controle de conferências – O H.323, sozinho ou em combinação como o H.332, possui recursos poderosos para controle de conferências. O SIP não foi projetado para o controle de conferências e, conseqüentemente, muitos dos recursos necessários para fazer uma conferência controlada (ainda) não existem.

Codificação binária – As mensagens H.323 são codificadas de acordo com o Q.931 para o subconjunto de mensagens H.225 provenientes do Q.931. Todas as outras mensagens são codificadas usando-se regras de codificação de pacotes (PER – *Packet Encoding Rules*) ASN.1 (*Abstract Syntax Notation 1*). A vantagem que isso causa é o tamanho da PDU (*Protocol Data Unit*) otimizado e desempenho melhor. O tamanho da PDU não seria uma grande vantagem nas redes modernas, mas em redes móveis (sistema móvel de terceira geração), isso seria uma vantagem por exemplo.

Descoberta de *gatekeepers* – Atualmente a descoberta de *gatekeepers multicast* é mais sólida no H.323, embora seja um detalhe secundário que pode ser facilmente corrigido em versões posteriores do protocolo.

2.5.7 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE VOZ SOBRE IP

O dimensionamento para redes VoIP, apresentado neste tópico, segue os modelos descritos por HERSENT, GUIDE e PETIT (2002).

2.5.7.1 CODEC's

Codecs nada mais são que mecanismos (*softwares* que trabalham em conjunto com *hardware DSP*) codificadores e decodificadores da voz humana para tráfego em redes de dados. Existem vários tipos de codecs hoje em dia, alguns sem compressão como o G.711u e G.711a (64kbps) e outros que possuem compressão de dados como o G.729 (8kbps). A maioria dos codecs, atualmente, utilizam-se de algoritmos de detecção de atividade de voz, que usa uma taxa de transmissão significativamente menor nos períodos de inatividade de voz. Durante os períodos de atividade de voz, a taxa de transmissão é constante e nos períodos de inatividade a taxa é nula, embora codificadores como o G.729 enviem alguma informação a nível de ruído de conforto e informações de sinalização.

A taxa de transmissão de bits na saída do codificador não inclui *overheads* de transporte como cabeçalhos RTP/UDP/IP. Para dimensionar corretamente conexões IP, deve-se levar em conta tais *overheads*. A fim de reduzir o *overhead*, múltiplos quadros de voz comprimida são concatenados em cada pacote IP. A taxa de transmissão M durante o período de atividade de voz e a taxa m durante o período de silêncio são demonstradas na seqüência.

Período de atividade de voz:

Cq_a = Comprimento do quadro (octetos)

Dq_a = Duração do quadro (ms)

n_a = Quadros por pacote IP

Taxa de transmissão sem *overhead*(kbps) = $Cq_a * 8 / Dq_a$

Octetos por pacote IP (*payload_a*) = $Cq_a * n_a$

Overhead Ipv4 + UDP + RTP (octetos) = 20 + 8 + 12 = 40 = Ov

Taxa de transmissão “**M**” com *overhead* (kbps):

$$M = \frac{(payload_a + Ov) * 8}{(n_a * Dq_a)}$$

Período de inatividade de voz (silêncio):

Cq_s = Comprimento do quadro (octetos)

Dq_s = Duração do quadro (ms)

n_s = Quadros por pacote IP

Taxa de transmissão sem *overhead*(kbps) = $Cq_s * 8 / Dq_s$

Octetos por pacote IP (*payload_s*) = $Cq_s * n_s$

Overhead Ipv4 + UDP + RTP (octetos) = 20 + 8 + 12 = 40 = Ov

Taxa de transmissão “**m**” com *overhead* (kbps):

$$m = \frac{(payload_s + Ov) * 8}{(n_s * Dq_s)}$$

Como o comprimento do quadro no período de inatividade (Cq_s) é menor do que aquele no período de atividade da voz (Cq_a), a taxa “m” será menor do que a taxa “M”.

Após o cálculo anterior, faz-se necessário calcular a taxa de transmissão de bits real na camada física, devido ao encapsulamento da camada de enlace (camada dois). Na figura 13 é

exemplificado o cabeçalho do quadro *Ethernet*, que possui 26 octetos (*bytes*). Outras tecnologias possuem diferentes tamanhos de *overhead*, como o HDLC (7 octetos) ou os quadros PPP (7 octetos).

Preâmbulo 7 octetos	Delimitador de início de quadro 1 octeto	Endereço de destino 6 octetos	Endereço de origem 6 octetos	Comprimento 2 octetos	Dados LLC 46 a 1500 octetos	Seqüência de verificação de quadro 4 octetos
-------------------------------	--	---	--	---------------------------------	--------------------------------	--

Figura 13 – *Overhead* de quadro *Ethernet*
(fonte: FLORES, 2005)

Na seqüência, é apresentado o cálculo total de banda necessária, incluindo o *overhead* da camada de enlace.

Ov2 = *Overhead* da camada de enlace

A taxa de transmissão “M” (kbps) será dada por:

$$M = \frac{(payload_a + Ov + Ov2) * 8}{(n_a * Dq_a)}$$

A taxa de transmissão “m” (kbps) será dada por:

$$m = \frac{(payload_s + Ov + Ov2) * 8}{(n_s * Dq_s)}$$

2.5.7.2 Dimensionamento usando-se o mesmo codificador

Quando várias conversações simultâneas ocorrem em uma mesma conexão, elas normalmente não estarão simultaneamente ativas. Para N conversações simultâneas, a taxa de transmissão total nunca será maior que N*M, onde M é a taxa de transmissão durante o período de atividade.

A taxa média de transmissão de bits unidirecional durante uma conversação é função da combinação dos tempos de transmissão com voz ativa (período de atividade) e os intervalos de silêncio. O índice de atividade “a” é dado por:

$$a = \frac{T_a}{T_s + T_a}$$

onde: T_a = tempo de atividade

T_s = tempo de silêncio

Geralmente o índice de atividade considerado nos cálculos de dimensionamento varia de 0,35 à 0,50. Logo, a taxa de transmissão de bits média de uma conversação será:

$$\text{Taxa média (1 conversação)} = M \cdot a + m \cdot (1-a)$$

A taxa de transmissão a exigida será de N vezes a taxa de transmissão de bits média de uma conversação:

$$\text{Taxa média} = N \cdot [M \cdot a + m \cdot (1-a)]$$

2.5.7.3 Rede de telefonia IP compartilhada com fluxo de dados

A idéia de se aproveitar um mesmo *backbone* para se trafegar voz e dados é realmente tentadora, mas muitos aspectos devem ser analisados antes de proceder com tal ação. Quando se trafega dados em uma rede, a latência na transmissão dos pacotes de dados não é tão crítica como na transmissão de pacotes de voz. Um e-mail por exemplo, pode sofrer um atraso significativo para chegar até o destinatário, mas este pouco importa se os dados chegarão com 10 segundos de atraso. Agora imagine uma conversação telefônica com os mesmos 10 segundos de atraso, a comunicação entre as duas partes ficaria ininteligível. Ao mesmo tempo que pacotes UDP (onde as *streams* de voz são transportadas) não possuem confiabilidade de transmissão como no TCP, estes pacotes UDP tem a vantagem de sofrerem menos latência, devido a não terem esse controle de transmissão. Mas somente isso não vai garantir que os pacotes UDP cheguem ao destino de forma ordenada e sem atraso. Estes pacotes precisam de tratamento diferenciado para que não sofram influência de outros tráfegos (TCP, ICMP, etc).

2.5.7.4 Priorização de fluxos de voz

Existem várias maneiras de se priorizar os pacotes de voz em uma rede compartilhada com pacotes de dados (SILVA, 2005):

- a) não fazer nada: o tráfego TCP reduz automaticamente quando encontra congestionamento na rede. Assim o tráfego UDP tenderá a ocupar a taxa de transmissão que ele precisa às custas do tráfego TCP. Porém, essa adaptação de tráfego TCP é bastante lenta e funciona por tentativa e erro: envie tráfego primeiro e interprete perda de pacote como congestionamento. O tráfego TCP sempre crescerá até atingir o congestionamento e recuará novamente. A rede se manterá em um estado de quase congestionamento e causará alguma perda de pacote no tráfego UDP, até que ela tenha consciência do estado de congestionamento. O uso dessa técnica não é difundida, e por muitos nem mesmo considerada uma técnica, visto que sua eficiência não é das melhores.
- b) Priorizar todo o tráfego UDP: Este é o modo mais fácil de priorizar fluxos de voz, visto que pacotes RTP de telefonia IP são transportados sobre UDP. Outros fluxos UDP como DNS serão obviamente priorizados juntos, mas isso não chega a ser um problema, pois a maioria das aplicações escritas sobre UDP precisa de atrasos mínimos. Esse tipo de priorização não é recomendada em redes públicas, podendo ser perigosa em alguns casos. Algumas pessoas podem chegar a conclusão que simular tráfego TCP sobre UDP não é das tarefas mais árduas e com isso burlar a priorização dos pacotes de voz.
- c) Usar níveis de preferências IP: Muitos roteadores podem ser configurados para usar informação de preferência IP, ou DS (*Differentiated Services*), em pacotes IP para priorizar classes de tráfego. Algumas das maneiras de filtrar o tráfego de voz nos roteadores:
 - atribuição de taxa de transmissão mínima para cada classe;
 - atribuição de peso a cada classe e compartilhamento de taxa de transmissão disponível entre as classes proporcionalmente a esses pesos;
 - atribuição de prioridade específica a uma classe.

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 DIMENSIONAMENTO

3.1.1 RECURSOS DISPONÍVEIS

Em todas as localidades o equipamento pabx é da mesma marca, possuindo características de *hardware* e *software* semelhantes. Os equipamentos de dados, que são os roteadores e *switches*, também possuem semelhança de *hardware*, porém algumas diferenças no *software* dos roteadores se fazem presentes. Nas tabelas 3 e 4, pode-se observar a relação e características dos equipamentos atualmente instalados.

Roteadores				
Localidade	Modelo	Versão Software	Memória RAM	Flash Memory
São Paulo	Cisco 2611	12.1(14)T	24Mb	16Mb
Rio de Janeiro	Cisco 2611	12.0(15)	24Mb	8Mb
Porto Alegre	Cisco 2611	12.0(7)T	24Mb	8Mb
Curitiba	Cisco 2611	12.0(15)	24Mb	8Mb
S.J. dos Campos	Cisco 2611	12.0(26)	24Mb	8Mb
Campinas	Cisco 2611	12.1(5)	24Mb	8Mb
Brasília	Cisco 2611	11.3(7)	24Mb	8Mb

Tabela 3 – Lista de roteadores instalados na planta atual
(fonte: DAMOVO 2006)

Pabx			Switch
Localidade	Modelo	Versão Software	Modelo
São Paulo	Ericsson MD110	BC12 SP9	Extreme Summit 48i
Rio de Janeiro	Ericsson MD110	BC12 SP2	Extreme Summit 48i
Porto Alegre	Ericsson MD110	BC12 SP2	Extreme Summit 48i
Curitiba	Ericsson MD110	BC12 SP3	Extreme Summit 48i
S.J. dos Campos	Ericsson MD110	BC12 SP7	Extreme Summit 48i
Campinas	Ericsson MD110	BC12 SP7	Extreme Summit 48i
Brasília	Ericsson MD110	BC12 SP2	Extreme Summit 48i

Tabela 4 – Lista de pabx e switch instalados na planta atual
(fonte: DAMOVO 2006)

3.1.2 TRÁFEGO DE VOZ

A análise do tráfego foi baseada nos relatórios de tráfego gerados a partir do próprio PABX (ANEXO A). Neste relatório estão as medições de sete dias da semana (segunda à domingo), coletadas no mês de setembro, nos entroncamentos que formam a rede corporativa de

telefonia de comutação de circuito (exceto São José dos Campos, onde a medição ocorreu no entroncamento DDR). A quantidade de tráfego é mensurada em *erlangs*, sendo indicado em cada um dos dias a HMM (Hora de Maior Movimento), que é o período de uma hora onde se aferiu o maior pico de tráfego registrado no dia.

Visto que a medição foi realizada em uma semana inteira, foram consideradas somente as medições de segunda-feira à sexta-feira, sendo descartadas as medições de sábado e domingo, que possuem tráfego irrelevante.

A tabela 5 apresenta as intensidades de tráfego de cada site, na HMM. Como resultado, tem-se a intensidade máxima de tráfego, para cada site, a qual será utilizada nos cálculos de dimensionamento (item 3.1.6).

Localidade	seg (19/09/05)		ter (20/09/05)		qua (21/09/05)	
	Tráfego	Período HMM	Tráfego	Período HMM	Tráfego	Período HMM
São Paulo	19,67	10:45 ~ 11:45	18,57	15:15 ~ 16:15	19,17	10:00 ~ 11:00
Rio de Janeiro	6,09	09:15 ~ 10:15	5,7	16:15 ~ 17:15	6,15	9:30 ~ 10:30
Curitiba	1,05	16:00 ~ 17:00	1,22	15:30 ~ 16:30	2,51	11:30 ~ 12:30
Brasília	1,8	16:00 ~ 17:00	1,95	15:00 ~ 16:00	1,74	15:45 ~ 16:45
Porto Alegre	0,86	9:45 ~ 10:45	1,27	11:00 ~ 12:00	1,41	9:45 ~ 10:45
S. J. dos Campos	2,51	10:00 ~ 11:00	2,25	12:15 ~ 13:15	1,62	10:00 ~ 11:00
Campinas	3,32	10:30 ~ 11:30	4,59	15:15 ~ 16:15	4,16	13:30 ~ 14:30

Localidade	qui (22/09/05)		sex (23/09/05)		Tráfego na HMM do período (erlangs)
	Tráfego	Período HMM	Tráfego	Período HMM	
São Paulo	21,02	15:30 ~ 16:30	18,23	15:30 ~ 16:30	21,02
Rio de Janeiro	4,71	9:30 ~ 10:30	5,25	15:45 ~ 16:45	6,15
Curitiba	2,19	9:45 ~ 10:45	1,53	16:00 ~ 17:00	2,51
Brasília	0,83	10:45 ~ 11:45	2,01	14:45 ~ 15:45	2,01
Porto Alegre	1,95	15:30 ~ 16:30	2,14	10:00 ~ 11:00	2,14
S. J. dos Campos	2,57	12:15 ~ 13:15	0,49	15:45 ~ 16:45	2,57
Campinas	2,88	10:00 ~ 11:00	4,06	14:30 ~ 15:30	4,59

Tabela 5 – Tráfego mensurado nos entroncamentos corporativos
(fonte: DAMOVO 2006)

3.1.3 TRÁFEGO DE DADOS

A análise do tráfego de dados foi realizada utilizando-se o *software* MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*), através de acesso http disponibilizado pela operadora fornecedora dos *links* de dados.

A medição ocorreu na rede MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) atualmente instalada, sendo monitoradas as interfaces seriais dos roteadores de cada localidade. Na figura 14 podemos observar a banda atualmente utilizada nos *links* de dados de cada localidade.

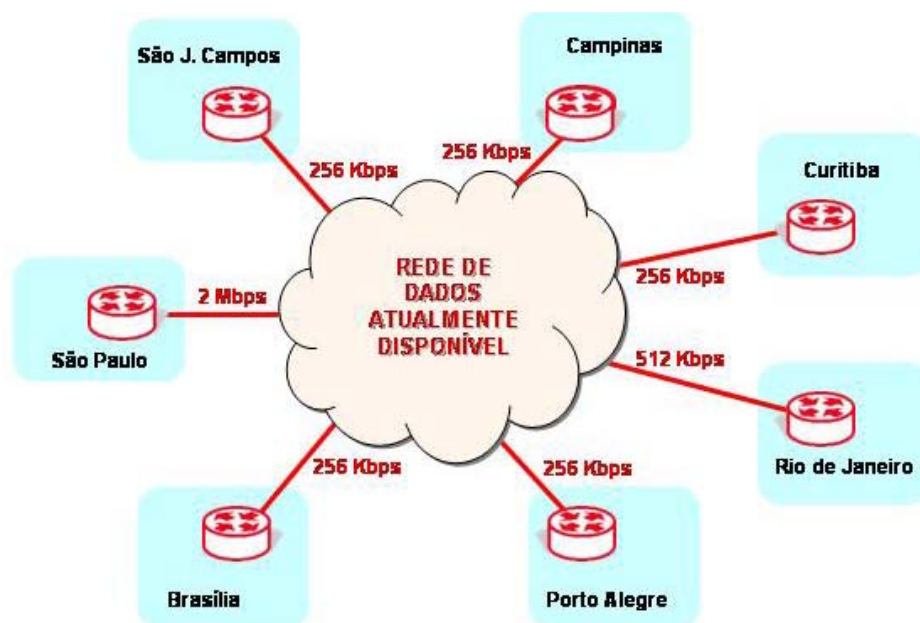


Figura 14 – Topologia da rede de comunicação de dados atual
(fonte: DAMOVO 2006)

Na tabela 6 é demonstrado o consumo diário máximo de cada localidade. A amostragem do consumo é realizada de cinco em cinco minutos, obtendo-se os valores diários.

Localidade	Direção do Tráfego	Consumo diário máximo (kbps)
Porto Alegre	Entrante	252,2
	Sainte	131,9
São José dos Campos	Entrante	253,8
	Sainte	224,8
Rio de Janeiro	Entrante	467,7
	Sainte	309
Brasília	Entrante	250,2
	Sainte	117,8
Curitiba	Entrante	250,9
	Sainte	151,7
Campinas	Entrante	241,6
	Sainte	100,6
São Paulo	Entrante	1716,4
	Sainte	1035,8

Tabela 6 – Tabela de utilização de capacidade de transmissão dos *links*
(fonte: DAMOVO 2006)

3.1.4 ESCOLHA DO CODEC

A escolha do codec a ser utilizado é de fundamental importância ao correto funcionamento do sistema. Cada padrão de codec disponível atualmente possui suas características próprias que influenciarão na taxa de transmissão necessária no *link* e no nível de qualidade (subjetivo) desejado nas conversações. Dentre os codecs suportados pelos equipamentos pabx do sistema temos o G.729ab, G.729a, G.723.1, G.711 A-law e G.711 μ -law. Todos estes codecs podem ser utilizados simultaneamente no sistema, mas normalmente se utiliza um padrão somente, determinando o nível de prioridade mais alto para determinado codec. Assim podemos ter um sistema em que o codec G.711 A-law tenha prioridade 1, e o G.729a tenha prioridade 2. Neste caso as conversações serão codificadas usando-se preferencialmente o codec G.711 sempre, e em caso de indisponibilidade deste codec, o G.729a seria utilizado.

No equipamento pabx em estudo, a prioridade do codec é determinada na programação do gateway H.323. Existe uma placa do pabx, específica para o tráfego de voz sobre IP e que faz a “ponte” da telefonia tradicional para a telefonia IP, chamada ELU32. As rotas nela programadas podem utilizar-se de vários codecs, sendo que cada rota possui uma única sequência de prioridade de codec. Assim é possível ter várias rotas apontadas para a mesma interface ELU32 para finalidades e destinos diferentes. Por exemplo, se a utilização da rota for exclusivamente para transmissão de fax, a rota deverá ter o G.711 (64 kbps sem compressão) com maior prioridade, visto que outros codecs como o G.729a e G.723.1 possuem compressão e não conseguem realizar a transmissão de fax corretamente. As rotas exclusivas para tráfego de conversações normais, utilizariam o codec G.729a, que tem uma boa qualidade de voz e ainda conta com alta taxa de compressão, diminuindo significativamente a taxa de transmissão utilizada.

O codec escolhido no projeto foi o G.729ab, que devido a sua complexidade média e alta taxa de compressão, é a melhor opção para o *hardware* que será utilizado. Nos itens subsequentes, descreverei alguns dos parâmetros adotados para escolha do codec.

3.1.5 CÁLCULO DE TAXA DE TRANSMISSÃO UTILIZADA PELO CODEC

Na topologia do projeto existem dois tipos de encapsulamento da camada dois (LLC). O *Ethernet* IEEE 802.3 presente entre a interface ELU32 e o *switch*, e o PPP (*Point to Point*

Protocol) que está entre a interface serial do roteador e o modem da operadora que fornece o *link* de dados (figura 15).

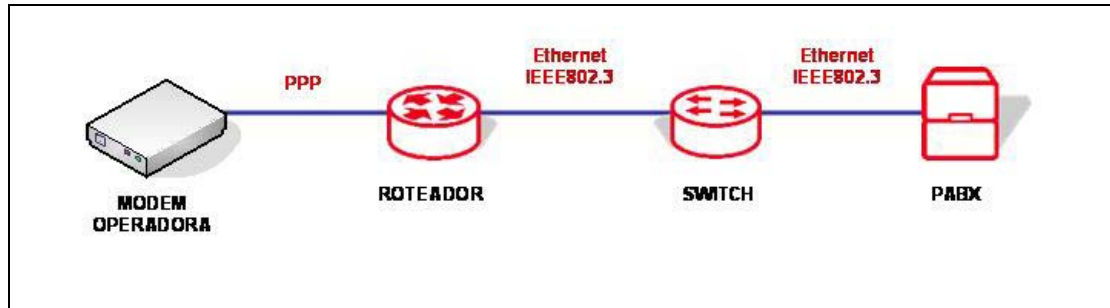


Figura 15 - Topologia de interligação da interface ELU32 até o *link* de dados
(fonte: DAMOVO 2006)

Como entre a interface ELU32 e o roteador se observa somente um domínio de *broadcast*, com taxa de transmissão de 100 Mbps, fica claro que o montante da capacidade de transmissão do tráfego de voz sobre IP é irrelevante. O *link* realmente afetado pelo tráfego de voz sobre IP é certamente entre a interface serial do roteador e o modem da operadora, visto que a limitação é de 2048 kbps em São Paulo, 512 kbps no Rio de Janeiro e 256 kbps nas demais localidades. Assim o cálculo de taxa de transmissão que é levado em consideração para dimensionamento precisa adicionar somente o *overhead* PPP e desconsiderar o *Ethernet*, visto que o quadro é desencapsulado no roteador e encapsulado pelo protocolo PPP posteriormente.

Desta forma, através das fórmulas vistas anteriormente (item 2.5.6) e com o codec G.729ab escolhido, podemos então calcular a capacidade de transmissão que será necessária ao sistema. O cálculo com *overhead Ethernet* foi realizado como parâmetro para posterior testes na interface ELU32.

a) Período de atividade “M” de voz

Cq_a = Comprimento do quadro (octetos)

Dq_a = Duração do quadro (ms)

n_a = Quadros por pacote IP

Taxa de transmissão sem *overhead*(kbps):

$$\frac{Cq_a * 8}{Dq_a} = \frac{10 * 8}{10} = 8kbps$$

Octetos por pacote IP (*payload_a*):

$$Cq_a * n_a = 10 * 3 = 30 \text{ octetos}$$

Overhead (*Ov*):

$$\text{Ipv4} + \text{UDP} + \text{RTP} = 20 + 8 + 12 = 40 \text{ octetos}$$

Taxa de transmissão “**M**” com *overhead* de camada 3:

$$M = \frac{(\text{payload}_a + Ov) * 8}{(n_a * Dq_a)} = \frac{(30 + 40) * 8}{3 * 10} = 18,666 \text{ kbps}$$

Taxa de transmissão “M” com *overhead Ethernet IEEE 802.3*:

Ov2 = *Overhead Ethernet* = 26 octetos

$$M = \frac{(\text{payload}_a + Ov + Ov2) * 8}{(n_a * Dq_a)} = \frac{(30 + 40 + 26) * 8}{3 * 10} = 25,600 \text{ kbps}$$

Taxa de transmissão “M” com *overhead PPP*:

Ov2 = *Overhead PPP* = 7 octetos

$$M = \frac{(\text{payload}_a + Ov + Ov2) * 8}{(n_a * Dq_a)} = \frac{(30 + 40 + 7) * 8}{3 * 10} = 20,533 \text{ kbps}$$

b) Período de inatividade “m” de voz

Cq_s = Comprimento do quadro (octetos)

Dq_s = Duração do quadro (ms)

n_s = Quadros por pacote IP

Taxa de transmissão sem *overhead*(kbps):

$$\frac{Cq_s * 8}{Dq_s} = \frac{2 * 8}{10} = 1,6kbps$$

Octetos por pacote IP (*payload_s*):

$$Cq_s * n_s = 2 * 3 = 6 \text{ octetos}$$

Overhead (Ov):

$$\text{Ipv4} + \text{UDP} + \text{RTP (octetos)} = 20 + 8 + 12 = 40 \text{ octetos}$$

Taxa de transmissão “m” com *overhead* de camada 3:

$$M = \frac{(payload_s + Ov) * 8}{(n_s * Dq_s)} = \frac{(6 + 40) * 8}{3 * 10} = 12,266kbps$$

Cálculo de taxa de transmissão com *overhead Ethernet* IEEE 802.3 para “m”:

$Ov2 = \text{Overhead Ethernet} = 26 \text{ octetos}$

$$m = \frac{(payload_s + Ov + Ov2) * 8}{(n_s * Dq_s)} = \frac{(6 + 40 + 26) * 8}{3 * 10} = 19,200kbps$$

Cálculo de taxa de transmissão com *overhead* PPP para “m”:

Ov2 = *Overhead* PPP = 7 octetos

$$m = \frac{(payload_s + Ov + Ov2) * 8}{(n_s * Dq_s)} = \frac{(6 + 40 + 7) * 8}{3 * 10} = 14,133 kbps$$

Em resumo:

Taxa em período “M” de atividade de voz: 18,666 kbps (somente *overhead* camada 3)
 25,600 kbps (com *overhead Ethernet*)
 20,533 kbps (com *overhead* PPP)

Taxa em período “m” de inatividade de voz: 12,266 kbps (somente *overhead* camada 3)
 19,200 kbps (com *overhead Ethernet*)
 14,133 kbps (com *overhead* PPP)

Assim, a taxa média de transmissão, dada pela fórmula $N(Ma + m(1-a))$, é:

Com *overhead Ethernet* = $1(25600 * 0,5 + 19200(1 - 0,5)) = 12800 + 9600 = \mathbf{22,400 \text{ kbps}}$

Com *overhead* PPP = $1(20533 * 0,5 + 14133(1 - 0,5)) = 10266 + 7066 = \mathbf{17,332 \text{ kbps}}$

3.1.6 CÁLCULO DE TAXA DE TRANSMISSÃO NECESSÁRIA PARA TRÁFEGO DE VOZ

Tendo as medições de tráfego de voz em mãos, conforme tabela 7, podemos assim transformar o tráfego de voz nos circuitos comutados, em taxa de transmissão necessária para o tráfego de voz sobre IP na rede de dados. Obteremos assim o número de troncos necessários ao tráfego cursado aferido, que depois será transformado em capacidade de transmissão binária de tráfego de voz sobre IP.

Localidade	Pico de tráfego (erlangs)	Número de Troncos Disponíveis
São Paulo	21,02	60
Rio de Janeiro	6,15	30
Curitiba	2,51	30
Brasília	2,01	30
Porto Alegre	2,14	30
S.J. dos Campos	2,57	30
Campinas	4,59	30

Tabela 7 – Tráfego de voz das localidades durante a HMM
(fonte: DAMOVO 2006)

As medições são do tráfego cursado em cada localidade e, para efeito de cálculo do número de troncos correspondentes ao tráfego, consideraremos o tráfego oferecido como sendo igual ao tráfego cursado, pois a porcentagem de perda aferida é irrelevante ao caso. Ou seja, o tráfego cursado nos troncos atualmente instalados será considerado como tráfego oferecido (demanda) à interface de voz sobre IP do equipamento.

De acordo com o Anexo B (Tabela Erlang B), para os tráfegos oferecidos de cada localidade, com taxa de perda de 0,5%, temos os seguintes resultados, demonstrados na tabela 8.

Localidade	Tráfego Oferecido (erlangs)	Perdas	Troncos Necessários
São Paulo	21,02	0,5 %	32
Rio de Janeiro	6,15	0,5 %	14
Curitiba	2,51	0,5 %	8
Brasília	2,01	0,5 %	7
Porto Alegre	2,14	0,5 %	7
S.J. dos Campos	2,57	0,5 %	8
Campinas	4,59	0,5 %	11

Tabela 8 – Tráfego oferecido e respectivo número de troncos
(fonte: DAMOVO 2006)

Para realizar o cálculo de taxa de transmissão necessária para cada localidade, deve-se encontrar a taxa média de transmissão, que é obtida aplicando-se a fórmula $N(Ma + m(1-a))$, onde N é o número de conversações simultâneas (que no caso é o número de troncos – tabela 8), M é a taxa de transmissão do codec G.729ab com atividade de voz, m é a taxa de transmissão do codec G.729ab sem atividade de voz (atividade somente de VAD e CNG) e a é índice de atividade.

Segundo HERSENT (2002), em uma conversação normal entre duas pessoas, em média as duas partes só falam 35% do tempo da chamada. Ou seja, em uma chamada de voz sobre IP, em 65% do tempo haverá somente transmissão de silêncio (VAD) e ruído de conforto (CNG),

que possui a taxa de transmissão “m” calculada anteriormente. Como não podemos precisar se todas as conversações terão somente 35% de atividade de voz, para este projeto iremos admitir um valor de 50% de atividade de voz para efeito de cálculo de banda. A tabela 9 apresenta os valores de taxa média calculados para cada localidade, para diversos valores de “a”, e sendo $M = 20,533$ kbps e $m = 14,133$ kbps.

Taxa de Transmissão Média (bps)							
<i>a</i>	<i>SPO</i>	<i>RJO</i>	<i>CTA</i>	<i>BSA</i>	<i>POA</i>	<i>SJC</i>	<i>CAS</i>
1,00	657.056	287.462	164.264	143.731	143.731	164.264	225.863
0,95	646.816	282.982	161.704	141.491	141.491	161.704	222.343
0,90	636.576	278.502	159.144	139.251	139.251	159.144	218.823
0,85	626.336	274.022	156.584	137.011	137.011	156.584	215.303
0,80	616.096	269.542	154.024	134.771	134.771	154.024	211.783
0,75	605.856	265.062	151.464	132.531	132.531	151.464	208.263
0,70	595.616	260.582	148.904	130.291	130.291	148.904	204.743
0,65	585.376	256.102	146.344	128.051	128.051	146.344	201.223
0,60	575.136	251.622	143.784	125.811	125.811	143.784	197.703
0,55	564.896	247.142	141.224	123.571	123.571	141.224	194.183
0,50	554.656	242.662	138.664	121.331	121.331	138.664	190.663
0,45	544.416	238.182	136.104	119.091	119.091	136.104	187.143
0,40	534.176	233.702	133.544	116.851	116.851	133.544	183.623
0,35	523.936	229.222	130.984	114.611	114.611	130.984	180.103
0,30	513.696	224.742	128.424	112.371	112.371	128.424	176.583

Tabela 9 – Taxa de transmissão média obtida

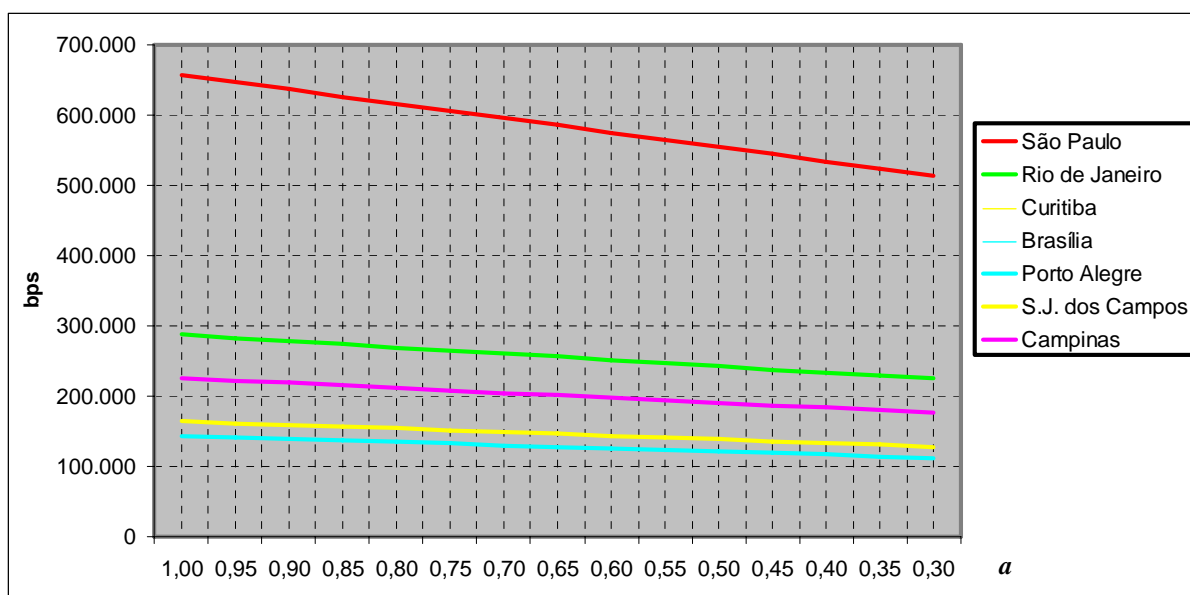


Figura 16 – Gráfico ilustrativo da taxa de transmissão média

3.1.7 RECURSOS NECESSÁRIOS

Os PABXs de todas as localidades, embora não possuam ainda a interface de *gateway* H.323, estão preparados e são compatíveis com o serviço de voz sobre IP (H.323). Os switch's, de camada 2, não possuem nenhuma dificuldade em se trabalhar com VLANs diferenciadas para voz. Os únicos equipamentos que necessitam de atualização de *software* são os roteadores, visto que eles possuem IOS (*software*) sem características de QoS (*Quality of Service*) necessárias para otimização de voz sobre IP. A seguinte configuração é sugerida para atualização dos roteadores, conforme tabela 10.

Roteadores				
Localidade	Modelo	Versão Software	Memória RAM	Flash Memory
São Paulo	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
Rio de Janeiro	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
Porto Alegre	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
Curitiba	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
S.J. dos Campos	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
Campinas	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb
Brasília	Cisco 2611	12.3(6)	42Mb	16Mb

Tabela 10 – Nova configuração dos roteadores

O IOS versão 12.3(6) possui características que permitirão configurações de QoS no tráfego dele, para otimizar a voz sobre IP. Além disso, as memórias RAM e *Flash* necessariamente precisam ser aumentadas.

A estrutura WAN de dados, que interliga as localidades, utiliza a tecnologia MPLS, sendo centralizada e administrada pela operadora, que cria uma VPN (*Virtual Private Network*) em sua rede, sendo transparente para todos os nós. São Paulo possui taxa de transmissão de 2Mbps, Rio de Janeiro de 512kbps e as demais localidades de 256kbps.

Com os dados obtidos no cálculo de taxa de transmissão, podemos assim dimensionar a taxa de transmissão correta para cada localidade, considerando o tráfego de voz futuro e o tráfego de dados atual do sistema. O tráfego de voz vai ter uma demanda conforme a seguir:

Localidade	Taxa de transmissão (kbps)								
	Voz (out)	Voz (in)	Dados (out)	Dados (in)	Total (out)	Total (in)	Total Atual	Diferença (out)	Diferença (in)
São Paulo	554,656	554,656	1035,8	1716,4	1590,456	2271,056	2048	+457,544	-223,056
Rio de Janeiro	242,662	242,662	309	467,7	551,662	710,362	512	-39,662	-198,362
Porto Alegre	121,331	121,331	131,9	252,2	253,231	373,531	256	+2,769	-117,531
Curitiba	138,664	138,664	151,7	250,9	290,364	389,564	256	-34,364	-133,564
S.J. dos Campos	138,664	138,664	224,8	253,8	363,464	392,464	256	-107,464	-136,464
Campinas	190,663	190,663	100,6	241,6	291,263	432,263	256	-35,263	-176,263
Brasília	62,839	62,839	117,8	250,2	180,639	313,039	256	+75,361	-57,039

Tabela 11 – Demanda de tráfego de dados prevista – cálculo teórico (in = entrante, out = saínte)

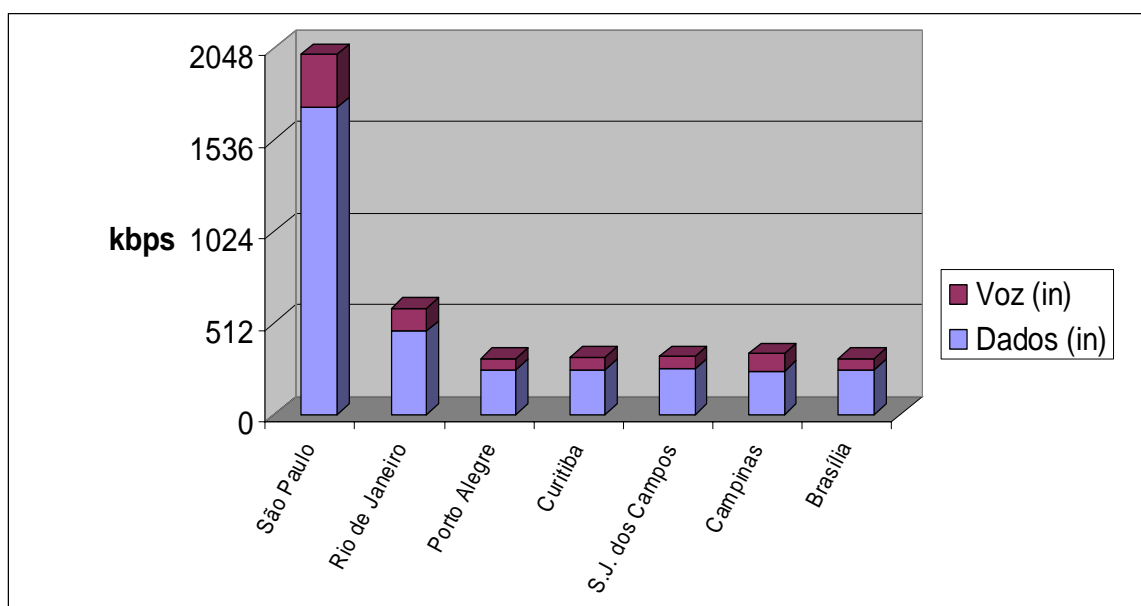


Figura 17 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráfego entrante teórico)

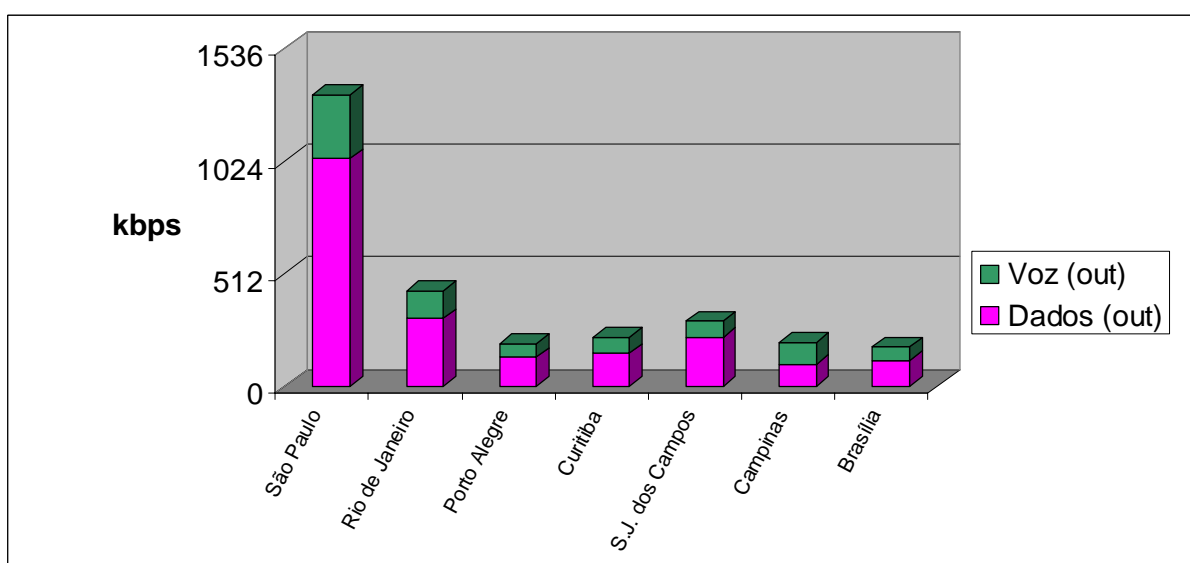


Figura 18 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão a requerida (tráfego saínte teórico)

A demanda demonstrada na tabela 11, mostra os valores requeridos exatamente proporcionais ao tráfego calculado, ou seja, são valores de taxa de transmissão diretamente proporcionais aos números de canais calculados (troncos necessários) por localidade.

Na prática, não há como dimensionar essas quantidades de troncos exatamente como calculados teoricamente. A placa que faz interface H.323 possui oito canais, assim a quantidade de troncos a serem instalados precisam ser múltiplos de oito.

No pabx, as chamadas terão suas médias convertidas da comutação de circuitos para dados e, como a placa que tem a função de interface de *gateway* H.323 (ELU32) tem o limite de oito chamadas simultâneas por placa, deve-se dividir o total de troncos necessários por oito, para saber a quantidade de placas necessárias para comportar o tráfego aferido nos atuais *links* corporativos. Na tabela 12 está demonstrado o número de troncos necessários e placas ELU32 em cada um dos pabx da rede.

Localidade	Placas ELU32 (quantidade)	Total de canais	Total de canais (calculado)
São Paulo	4	32	32
Rio de Janeiro	2	16	14
Porto Alegre	1	8	7
Curitiba	1	8	8
S.J. dos Campos	1	8	8
Campinas	2	16	11
Brasília	1	8	7

Tabela 12 – Quantidade de placas ELU32 por pabx

Desta forma, a banda real requerida será proporcional ao número de canais total de cada localidade, conforme tabela 13, e gerando novos valores conforme a seguir.

Localidade	Taxa de transmissão (kbps)								
	Voz (out)	Voz (in)	Dados (out)	Dados (in)	Total (out)	Total (in)	Total Atual	Diferença (out)	Diferença (in)
São Paulo	554,656	554,656	1035,8	1716,4	1590,456	2271,056	2048	+457,544	-223,056
Rio de Janeiro	277,328	277,328	309	467,7	586,328	745,028	512	-74,328	-233,028
Porto Alegre	138,664	138,664	131,9	252,2	270,564	390,864	256	-14,564	-134,864
Curitiba	138,664	138,664	151,7	250,9	290,364	389,564	256	-34,364	-133,564
S.J. dos Campos	138,664	138,664	224,8	253,8	363,464	392,464	256	-107,464	-136,464
Campinas	277,328	277,328	100,6	241,6	377,928	518,928	256	-121,928	-262,928
Brasília	138,664	138,664	117,8	250,2	256,464	388,864	256	-0,464	-132,864

Tabela 13 – Demanda de tráfego de dados prevista – cálculo em função do total de canais
(in = entrante, out = saindo)

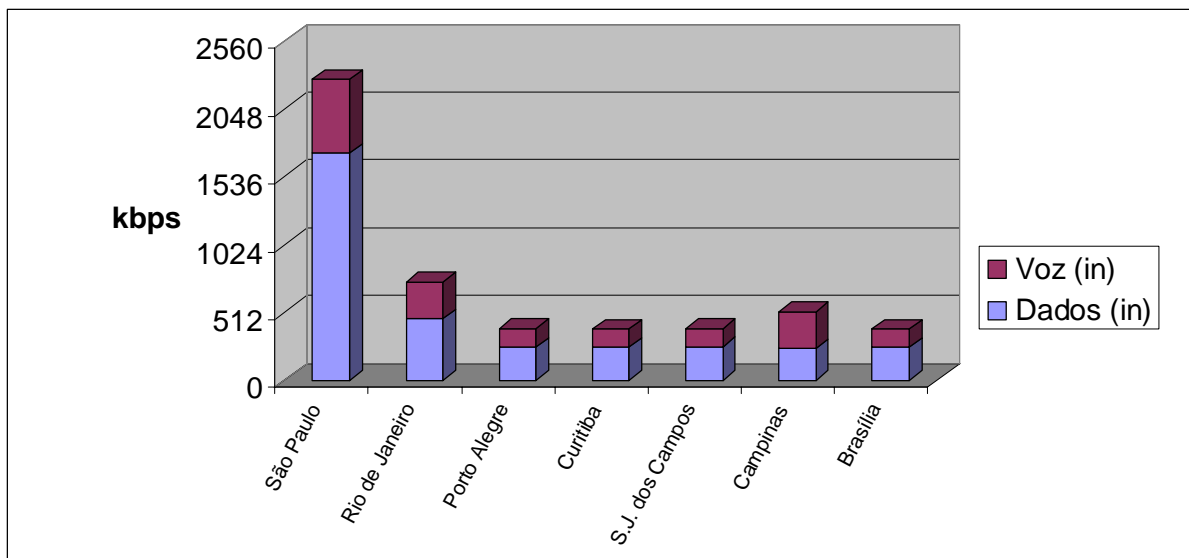


Figura 19 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráfego entrante real)

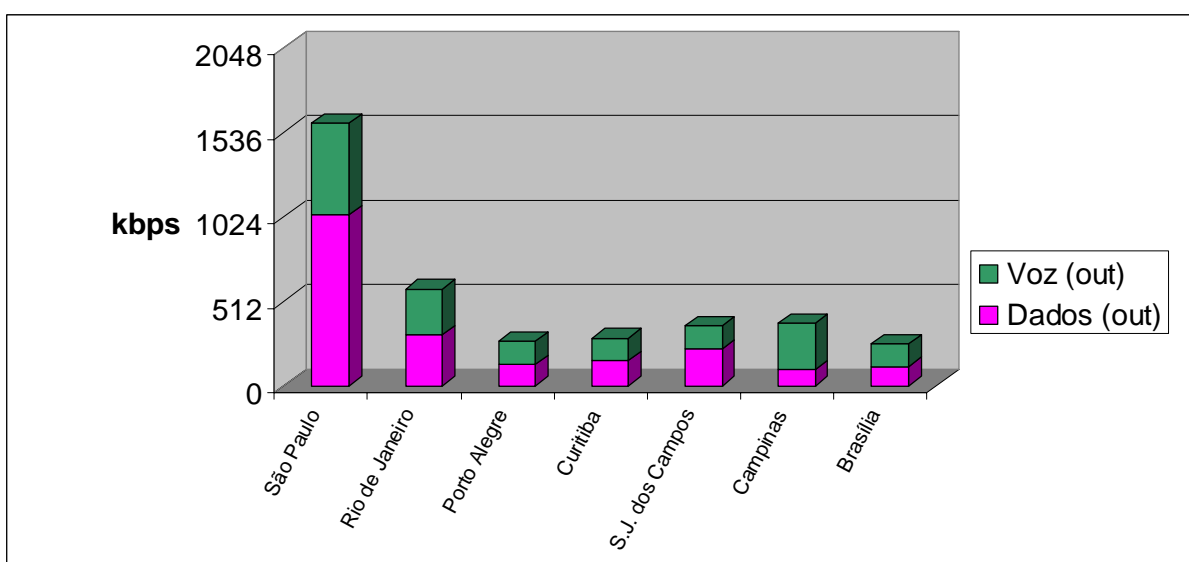


Figura 20 – Gráfico demonstrativo de taxa de transmissão requerida (tráfego saínte real)

Como a taxa de transmissão dos *links* de cada localidade não pode ser aumentada para o valor exato da demanda do tráfego de voz, valores “redondos” precisam ser adotados como base do aumento de taxa de transmissão. Isto é, não se pode comprar 136,646 kbps de taxa de transmissão, por exemplo, para a localidade de São José dos Campos. Os valores que podem ser adquiridos junto às operadoras são 128 kbps, 256 kbps, 512 kbps, 768 kbps, 1024 kbps e 2048 kbps. Pela tabela 14, podemos então definir os *upgrades* de *link* desta forma:

Localidade	Taxa de transmissão atual (kbps)	Upgrade (kbps)	Total Alocado (kbps)
São Paulo	2048	256	2304
Rio de Janeiro	512	256	768
Porto Alegre	256	256	512
S. J. dos Campos	256	256	512
Curitiba	256	256	512
Campinas	256	512	768
Brasília	256	256	512

Tabela 14 – Aumento da taxa de transmissão nas localidades

3.2 FORMATAÇÃO DE ROTA DE MENOR CUSTO

A função da Rota de Menor Custo neste projeto é encaminhar as ligações interurbanas de determinada filial, para uma outra filial onde o custo desta ligação seja menor.

Tomando-se como exemplo as ligações ilustradas na figura 21, temos um ramal do pabx de Curitiba realizando uma ligação interurbana para o número 61-XXXX-XXXX. Ao invés de encaminhar esta ligação diretamente ao entroncamento DDR conectado no pabx, a RMC analisa os dígitos discados pelo usuário e faz um *match* nas entradas das tabelas da RMC de Curitiba. Após este *match*, a RMC detecta que uma das rotas que está disponível na rede de voz sobre IP, tem custo inferior ao interurbano que seria gerado a partir de Curitiba. O pabx então encaminha a chamada para um *gateway* H.323 (interface ELU32 do pabx), fazendo com que a ligação realize uma conexão trânsito no pabx de Brasília, e gere a ligação em seu entroncamento DDR local para o número desejado.

As ligações simples entre ramais de uma filial e outra, não entram na RMC pois não há análise de discagem, ou seja, é mandatório que as ligações entre filiais estejam usando os *gateways* H.323 (exemplo da ligação da filial Porto Alegre para a matriz São Paulo, na figura 21).

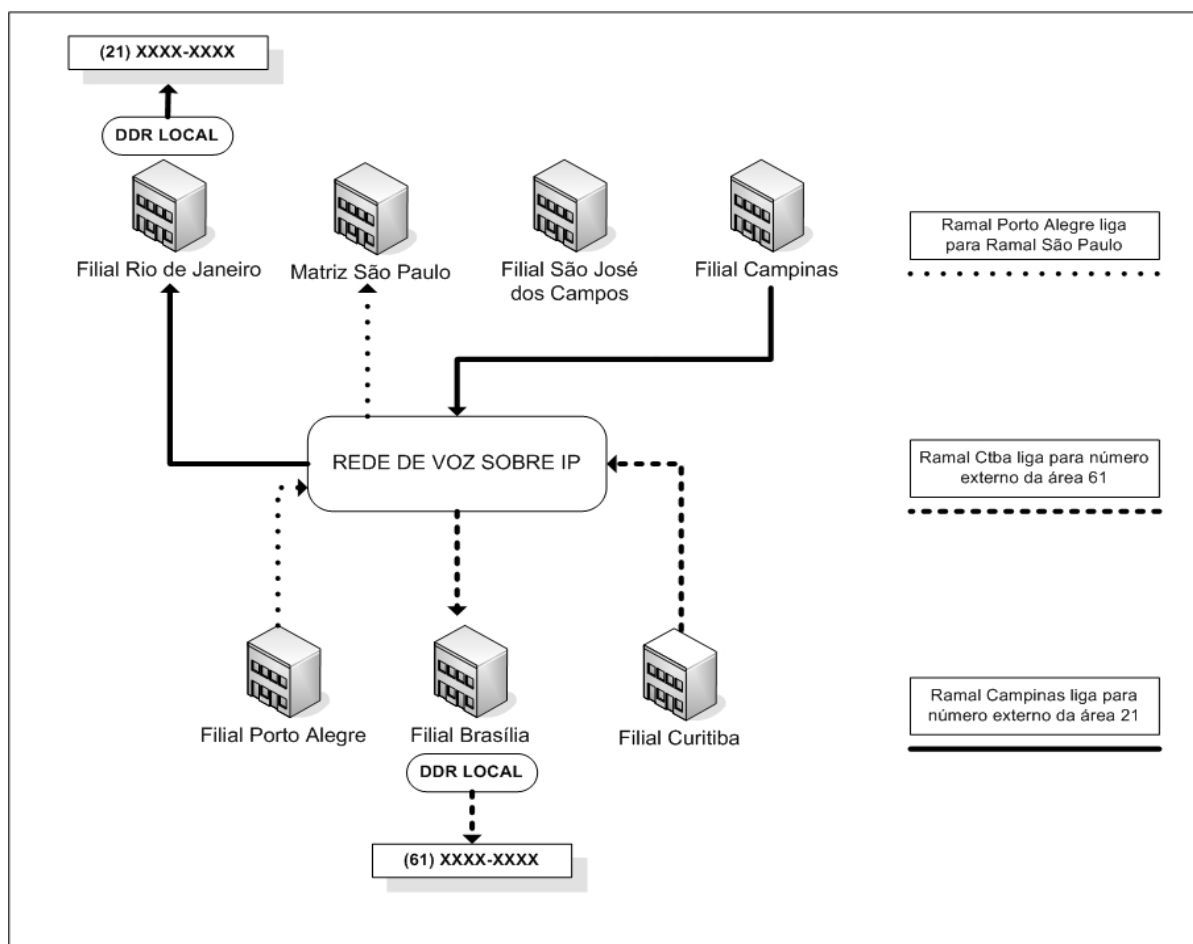


Figura 21 – Exemplo de ligações dentro da rede de voz sobre IP

Desta forma, têm-se sete localidades diferentes disponíveis na RMC, sendo que cada localidade terá seis opções de rotas DDR remotas para ligações interurbanas. A partir de análise realizada na tabela de área de tarifação da STFC brasileira (Anexo IV), encontrada no “Anexo à Resolução N° 424, de 6 de Dezembro de 2005” (Anatel, 2005), podemos formatar a RMC de acordo com as distâncias e degraus tarifários com menor custo para o sistema.

As distâncias inclusas no roteamento abrangem somente os três primeiros degraus tarifários, que correspondem a distâncias menores que 300 km. As localidades inclusas foram definidas através das coordenadas geográficas de cada uma (longitude e latitude), calculando-se a distância máxima de 300 km do ponto de saída mais próximo (do pabx mais próximo, no caso).

Número Discado	Origem da ligação						
	São Paulo (11)	S.J. Campos (12)	Campinas (19)	Rio de Janeiro (21)	Curitiba (41)	Porto Alegre (51)	Brasília (61)
0xx11 yyyy yyyy	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx12 yyyy yyyy	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx12 3908 4yyy*	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx13 32yy yyyy	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx13 38yy yyyy	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx14 yyyy yyyy	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx15 32yy yyyy	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx16 32yy yyyy	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx19 yyyy yyyy	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC	RMC
0xx21 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC
0xx24 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC
0xx32 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC	RMC
0xx41 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC
0xx42 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC
0xx47 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC	RMC
0xx51 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC
0xx54 32yy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR	RMC
0xx61 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR
0xx62 yyyy yyyy	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	RMC	DDR
XX = Código de Operadora / YYYY YYYY = Número de assinante desejado DDR – Saída local pelo entroncamento DDR RMC – Saída via gateway H.323 na rede de voz sobre IP * - Faixa DDR pertencente à localidade de São José dos Campos (ligações para este número passarão a ser corporativas)							

Tabela 15 – Matriz de roteamento de ligações da RMC

Assim, quando uma chamada LDN (Longa Distância Nacional) é originada a partir de uma determinada localidade, analisada pela RMC e utiliza uma saída DDR remota (de outra localidade). Esta chamada irá utilizar-se somente dos degraus D1 (até 50 km), D2 (de 50km à 100km) e D3 (de 100km até 300km), visto que o último degrau D4 engloba todas as distâncias acima de 300km, e que torna igual o valor da tarifa tanto para a chamada sendo originada do DDR local quanto do DDR remoto.

Exemplo:

Ramal 6300 de São Paulo efetua uma ligação LDN para o número 45-3222-2000 (Cascavel). A localidade pertencente a RMC mais próxima da cidade de Cascavel é Curitiba. Mas a

distância entre Curitiba e Cascavel é aproximadamente 500km. Ou seja, tanto faz a ligação sair pelo DDR local de São Paulo como pelo DDR local de Curitiba (o degrau tarifário é D4 - > 300km). Em ambos os casos a tarifa será a mesma, e utilizar-se da RMC para efetuar a ligação a partir do DDR local de Curitiba, seria utilizar incorretamente a taxa de transmissão disponível entre as duas localidades. Assim, nesse caso, a ligação teria sua saída obrigatoriamente pelo DDR local de São Paulo. Se a ligação fosse para um número de Paranaguá (área 414), esta seria roteada pela RMC para ter sua saída no pabx de Curitiba.

A seguir é apresentada na tabela 16 (ANATEL, 2006), a relação de áreas tarifárias abrangidas pela RMC, e as respectivas faixas numéricas de discagem. Por exemplo, a área tarifária 011 (São Paulo), que abrange os números de assinante que iniciam em 11-yyyy-yyyy (y sendo qualquer possibilidade numérica), terá as ligações originadas a partir do pabx localizado em São Paulo. Assim, quando qualquer uma das outras localidades efetua uma ligação para o ddd 11, ela será encaminhada para a RMC, sendo conectada pelos entroncamentos de voz sobre IP da origem até o pabx de São Paulo, e no pabx de São Paulo é realizada a chamada através da PSTN.

	Faixa numérica afetada
Saída de Ligações - pabx São Paulo	
Área Tarifária 011: SAO PAULO (latitude: 23°32'51.00" S longitude: 46°38'10.00")	0XX 11 YYYYY YYYYY
Área Tarifária 132: SANTOS (latitude: 23°57'39.00" S longitude: 46°20'01.00")	0XX 13 YYYYY YYYYY
Área Tarifária 138: REGISTRO (latitude: 24°29'15.00" S longitude: 47°50'37.00")	
Área Tarifária 152: SOROCABA (latitude: 23°30'06.00" S longitude: 47°27'29.00")	0XX 15 32YY YYYYY
Saída de Ligações - pabx Rio de Janeiro	
Área Tarifária 021: RIO DE JANEIRO (latitude: 22°54'10.00" S longitude: 43°12'27.00")	0XX 21 YYYYY YYYYY
Área Tarifária 242: PETROPOLIS (latitude: 22°30'18.00" S longitude: 43°10'43.00")	0XX 24 YYYYY YYYYY
Área Tarifária 243: VOLTA REDONDA (latitude: 22°31'23.00" S longitude: 44°06'15.00")	
Área Tarifária 244: BARRA DO PIRAI (latitude: 22°28'12.00" S longitude: 43°49'32.00")	
Área Tarifária 245: NOVA FRIBURGO (latitude: 22°16'55.00" S longitude: 42°31'52.00")	
Área Tarifária 246: CABO FRIO (latitude: 22°52'46.00" S longitude: 42°01'07.00")	
Área Tarifária 247: CAMPOS DOS GOYTACAZES (latitude: 21°45'15.00" S longitude: 41°19'28.00")	
Área Tarifária 249: ITAPERUNA (latitude: 21°12'18.00" S longitude: 41°53'16.00")	0XX 32 YYYYY YYYYY
Área Tarifária 321: BOM JARDIM DE MINAS (latitude: 21°56'50.00" S longitude: 44°11'28.00")	
Área Tarifária 322: JUIZ DE FORA (latitude: 21°45'51.00" S longitude: 43°21'01.00")	
Área Tarifária 323: BARBACENA (latitude: 21°13'33.00" S longitude: 43°46'25.00")	
Área Tarifária 324: LEOPOLDINA (latitude: 21°31'55.00" S longitude: 42°38'35.00")	
Área Tarifária 325: UBA (latitude: 21°07'12.00" S longitude: 42°56'34.00")	
Área Tarifária 326: ALEM PARAIBA (latitude: 21°53'16.00" S longitude: 42°42'16.00")	
Área Tarifária 327: MURIAE (latitude: 21°07'50.00" S longitude: 42°21'59.00")	
Saída de Ligações - pabx São José dos Campos	
Área Tarifária 122: TAUBATE (latitude: 23°01'35.00" S longitude: 45°33'19.00")	0XX 12 YYYYY YYYYY

Área Tarifária 123: SAO JOSE DOS CAMPOS (latitude: 23°10'46.00" S longitude: 45°53'13.00")	
Área Tarifária 124: CARAGUATATUBA (latitude: 23°37'13.00" S longitude: 45°24'47.00")	
Área Tarifária 125: GUARATINGUETA (latitude: 22°48'59.00" S longitude: 45°11'33.00")	
Saída de Ligações - pabx Campinas	
Área Tarifária 192: CAMPINAS (latitude: 22°54'20.00" S longitude: 47°03'39.00")	0XX 19 YYYY YYYY
Área Tarifária 194: PIRACICABA (latitude: 22°43'31.00" S longitude: 47°38'57.00")	
Área Tarifária 195: RIO CLARO (latitude: 22°24'41.00" S longitude: 47°33'41.00")	
Área Tarifária 196: SAO JOAO DA BOA VISTA (latitude: 21°58'09.00" S longitude: 46°47'53.00")	
Área Tarifária 142: BAURU (latitude: 22°18'53.00" S longitude: 49°03'38.00")	0XX 14 YYYY YYYY
Área Tarifária 143: OURINHOS (latitude: 22°58'44.00" S longitude: 49°52'14.00")	
Área Tarifária 146: JAU (latitude: 22°17'47.00" S longitude: 48°33'28.00")	
Área Tarifária 147: AVARE (latitude: 23°05'55.00" S longitude: 48°55'33.00")	
Área Tarifária 149: BOTUCATU (latitude: 22°53'09.00" S longitude: 48°26'42.00")	
Área Tarifária 162: ARARAQUARA (latitude: 21°47'40.00" S longitude: 48°10'32.00")	0XX 16 32YY YYYY
Saída de Ligações - pabx Curitiba	
Área Tarifária 412: CURITIBA (latitude: 25°25'40.00" S longitude: 49°16'23.00")	0XX 41 YYYY YYYY
Área Tarifária 414: PARANAGUA (latitude: 25°31'12.00" S longitude: 48°30'33.00")	
Área Tarifária 422: PONTA GROSSA (latitude: 25°05'42.00" S longitude: 50°09'43.00")	0XX 42 YYYY YYYY
Área Tarifária 424: IRATI (latitude: 25°28'02.00" S longitude: 50°39'04.00")	
Área Tarifária 425: UNIAO DA VITORIA (latitude: 26°13'48.00" S longitude: 51°05'11.00")	
Área Tarifária 427: GUARAPUAVA (latitude: 25°23'43.00" S longitude: 51°27'29.00")	
Área Tarifária 473: BLUMENAU (latitude: 26°55'10.00" S longitude: 49°03'58.00")	0XX 47 YYYY YYYY
Área Tarifária 474: JOINVILLE (latitude: 26°18'16.00" S longitude: 48°50'44.00")	
Área Tarifária 476: MAFRA (latitude: 26°06'41.00" S longitude: 49°48'19.00")	
Área Tarifária 478: RIO DO SUL (latitude: 27°12'51.00" S longitude: 49°38'35.00")	
Saída de Ligações - pabx Porto Alegre	
Área Tarifária 512: PORTO ALEGRE (latitude: 30°01'59.00" S longitude: 51°13'48.00")	0XX 51 YYYY YYYY
Área Tarifária 513: OSORIO (latitude: 29°53'12.00" S longitude: 50°16'11.00")	
Área Tarifária 515: SANTA CRUZ DO SUL (latitude: 29°43'03.00" S longitude: 52°25'33.00")	
Área Tarifária 516: CACHOEIRA DO SUL (latitude: 30°02'21.00" S longitude: 52°53'38.00")	
Área Tarifária 517: CAMAQUA (latitude: 30°51'04.00" S longitude: 51°48'44.00")	
Área Tarifária 518: SAO JERONIMO (latitude: 29°57'33.00" S longitude: 51°43'20.00")	
Área Tarifária 542: CAXIAS DO SUL (latitude: 29°10'05.00" S longitude: 51°10'46.00")	0XX 54 32YY YYYY
Área Tarifária 542C: BENTO GONCALVES (latitude: 29°10'17.00" S longitude: 51°31'09.00")	
Saída de Ligações - pabx Brasília	
Área Tarifária 612: BRASILIA (latitude: 15°47'55.00" S longitude: 47°51'38.00")	0XX 61 YYYY YYYY
Área Tarifária 612A: VALPARAISO DE GOIAS (latitude: 16°03'57.00" S longitude: 47°58'43.00")	
Área Tarifária 612B: FORMOSA (latitude: 15°32'14.00" S longitude: 47°20'04.00")	
Área Tarifária 612C: POSSE (latitude: 14°05'35.00" S longitude: 46°22'10.00")	
Área Tarifária 612D: CAVALCANTE (latitude: 13°47'51.00" S longitude: 47°27'30.00")	
Área Tarifária 612E: SAO DOMINGOS (latitude: 13°23'54.00" S longitude: 46°19'06.00")	
Área Tarifária 612F: CAMPOS BELOS (latitude: 13°02'12.00" S longitude: 46°46'18.00")	
Área Tarifária 612K: S. ANTONIO DO DESCOBERTO (latitude: 15°56'23.00" S longitude: 48°15'18.00")	0XX 62 YYYY YYYY
Área Tarifária 622: GOIANIA (latitude: 16°40'43.00" S longitude: 49°15'14.00")	
Área Tarifária 623: ANAPOLIS (latitude: 16°19'36.00" S longitude: 48°57'10.00")	

Tabela 16 – Áreas tarifárias abrangidas e análise numérica
(fonte: ANATEL 2006)

3.3 VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA

3.3.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A reestruturação dos equipamentos instalados e serviços disponíveis atualmente gerariam os gastos demonstrados na tabela 17. Notam-se descontos generosos por parte do fornecedor Cisco (roteadores) e Ericsson (PABX). Isso ocorre devido à parceria de empreendimentos em conjunto com a empresa Damovo, que é o foco deste projeto. Desta forma os descontos foram concebidos segundo acordos pré-estabelecidos entre as empresas envolvidas.

Item	Quant.	Preço Unitário	Preço total	Desconto Fornecedor		Total com desconto R\$
Pacote de Upgrades de roteadores Cisco (software/memória RAM e Flash)	1	R\$31.517,92	R\$31.517,92	63%	R\$19.856,29	R\$11.661,63
Placa pabx MD110 Ericsson ELU32 ROF 1375428/1	12	R\$6.096,86	R\$73.162,32	50%	R\$36.581,16	R\$36.581,16
Licenças Ericsson IP Trunk	12	R\$930,90	R\$11.170,80	50%	R\$5.585,40	R\$5.585,40
Aumento de taxa de transmissão Embratel	6	R\$1.000,00	R\$6.000,00	0%	R\$0,00	R\$6.000,00
Implantação de QoS MPLS Embratel	1	R\$14.700,00	R\$14.700,00	0%	R\$0,00	R\$14.700,00
total						R\$74.528,19
Cotação dólar em 17/08/2006: R\$2,14						

Tabela 17 – Orçamento de reestruturação de equipamentos e serviços
(fonte cotação: UOL)

Demais custos previamente estabelecidos na proposta de projeto acabaram por não existir devido ao fato da empresa Damovo ceder gentilmente a estrutura de laboratório e escritório de suas dependências. Assim, custos com *softwares*, materiais de consumo de escritório, computadores e ambientes de teste foram nulos.

3.3.2 CUSTO MENSAL ATUAL DOS SERVIÇOS TELEFÔNICOS

Os entroncamentos E1 corporativos que servem atualmente todas as localidades possuem dois tipos de serviços como visto anteriormente. As chamadas “*OnNet*”, que são as chamadas corporativas de uma localidade para outra e as chamadas interurbanas para a rede pública de telefonia. As chamadas interurbanas são tarifadas normalmente e as chamadas “*OnNet*” possuem tarifação especial, por fazerem parte do plano corporativo adquirido. Pode-se

observar na tabela 18 o total consumido no mês de janeiro de 2006 de custo das chamadas “OnNet” e interurbanas.

Localidade	Chamadas OnNet	Chamadas DDD	Total	OnNet %	DDD %
São Paulo	R\$ 1.123,37	R\$ 6.759,15	R\$ 7.880,52	14,25%	85,75%
Rio de Janeiro	R\$ 606,27	R\$ 1.861,15	R\$ 2.467,42	24,57%	75,43%
Brasília	R\$ 337,89	R\$ 249,26	R\$ 587,15	57,55%	42,45%
Curitiba	R\$ 323,23	R\$ 3.009,54	R\$ 3.332,77	9,70%	90,30%
Campinas	R\$ 251,69	R\$ 4.382,91	R\$ 4.634,60	5,43%	94,57%
Porto Alegre	R\$ 385,71	R\$ 3.584,85	R\$ 3.970,56	9,71%	90,29%
TOTAL	R\$ 3.028,16	R\$ 19.845,86	R\$ 22.873,02	13,24%	86,76%

Tabela 18 – Custo mensal de chamadas “OnNet” e interurbanas
(fonte: EMBRATEL 2006)

Os valores foram extraídos de relatórios gerados a partir de *software* proprietário da própria operadora, conforme observa-se na figura 22 (impressão da janela do *software*). Os valores foram exportados no formato texto, para serem tratados e filtrados, gerando assim os valores constantes na tabela 18.

Relatório de Detalhamento de Chamadas

Hora	Tel. Origem	Município/CNL - UF Origem	Tel. Destino
15:52:05	4132193000 EUA	CURITIBA / CTA -PR	1 4087442863
10:23:49	4132193000 RUO	CURITIBA / CTA -PR	44 7939126406
11:17:42	4132193002 CLA	CURITIBA / CTA -PR	57 3158995370
15:56:33	4132193002 EUA	CURITIBA / CTA -PR	1 4087442863
15:57:44	4132193002 EUA	CURITIBA / CTA -PR	1 4087442863
17:09:22	4132193002 EUA	CURITIBA / CTA -PR	1 9529961517
17:27:26	4132193002 EUA	CURITIBA / CTA -PR	1 9529961517

☐ Período(Data Cham.)

☐ Serviço

☐ Tipo de Chamada

☐ Horário

☐ Tel. Origem / Destino

☐ Mun/UF Origem/Destino

☐ País Destino

DAMOVO DO BRASIL S/A

100%

Período: 07/01/2006 - 07/02/2006

Duração Total: 49672.7

Qtd. Chamadas: 11.789

Valor Serviço: 32.176.72

10.10%

Minutos Resultantes do Filtro: 7364.5

Qtd. Chamadas: 1.299

Valor Resultante do Filtro (s/desconto): 3.250.34

Figura 22 – *Software* gerador de relatórios de conta telefônica
(fonte: EMBRATEL 2006)

As chamadas “OnNet”, no novo sistema, usarão os *gateways* H.323 e terão custo zero nas chamadas entre os pabx das sete localidades, visto que já existem entroncamentos de dados. Quanto às chamadas interurbanas, é necessário se avaliar a quantidade de chamadas de cada localidade com destino às áreas tarifárias que estão inclusas na RMC. Tendo em mãos a porcentagem das ligações interurbanas destinadas às áreas da RMC, podemos assim calcular a quantidade de ligações roteadas pela RMC e o valor economizado para esta ligação, se comparado á uma ligação interurbana convencional.

3.3.3 ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM RMC

Na tabela 19, observam-se os valores das tarifas pesquisadas nos sites das próprias operadoras, nos planos básicos empresariais. Foram pesquisadas somente as operadoras Brasil Telecom, Telefônica e Telemar, visto que os serviços de telefonia nos entroncamentos DDR são fornecidos por elas somente, na atual rede telefônica do sistema. A tabela 20 apresenta a média das tarifas entre as três operadoras.

O cálculo do valor da ligação, através da RMC, é realizado tomando-se por base o tipo de ligação realizada (local, D1, D2, D3 ou D4), a origem e destino da ligação, e a rota utilizada pela RMC para saída desta chamada. Na tabela 21 observa-se a relação de custo entre os tipos de chamada, por onde se baseará os cálculos dos novos custos usando-se a RMC.

	Brasil Telecom			Telefônica			Telemar
	Curitiba	Porto Alegre	Brasília	São Paulo	Campinas	S.J.Campos	Rio de Janeiro
Pulso Local *	R\$ 0,15968	R\$ 0,16314	R\$ 0,15520	R\$ 0,14728	R\$ 0,14728	R\$ 0,14728	R\$ 0,15787
D1 **	R\$ 0,30442	R\$ 0,31346	R\$ 0,29589	R\$ 0,31056	R\$ 0,31056	R\$ 0,31056	R\$ 0,36399
D2 **	R\$ 0,44669	R\$ 0,45995	R\$ 0,43416	R\$ 0,52158	R\$ 0,52158	R\$ 0,52158	R\$ 0,54097
D3 **	R\$ 0,51737	R\$ 0,53273	R\$ 0,50287	R\$ 0,56650	R\$ 0,56650	R\$ 0,56650	R\$ 0,55644
D4 **	R\$ 0,57005	R\$ 0,54424	R\$ 0,53224	R\$ 0,66536	R\$ 0,66536	R\$ 0,66536	R\$ 0,58907

Tabela 19 – Tarifas de chamadas interurbanas e locais
(Fonte: home-page das operadoras em 17/05/06)

	Média Total	Média Total **
Pulso Local *	R\$ 0,15396	R\$ 0,03849
D1 **	R\$ 0,31563	R\$ 0,31724
D2 **	R\$ 0,49236	R\$ 0,49888
D3 **	R\$ 0,54413	R\$ 0,54795
D4 **	R\$ 0,60453	R\$ 0,60945
* Tarificação a cada 240 seg.		
** Tarificação por minuto		

Tabela 20 – Média de tarifa das operadoras envolvidas
(Fonte: home-page das operadoras em 17/05/06)

Ligação local =	12,13%	de uma ligação	D1
Ligação local =	7,72%	de uma ligação	D2
Ligação local =	7,02%	de uma ligação	D3
Ligação local =	6,32%	de uma ligação	D4
Ligação D1 =	63,59%	de uma ligação	D2
Ligação D1 =	57,89%	de uma ligação	D3
Ligação D1 =	52,05%	de uma ligação	D4
Ligação D2 =	91,04%	de uma ligação	D3
Ligação D2 =	81,86%	de uma ligação	D4
Ligação D3 =	89,91%	de uma ligação	D4

Tabela 21 – Relação de custos dos degraus tarifários

Com a ajuda de filtros nos relatórios de tarifação, foi possível determinar a porcentagem de ligações originadas de determinada localidade para diversos destinos separadamente. Assim encontra-se os valores exatos gastos em ligações para cada destino interurbano, como pode-se observar na tabela 22. E na tabela 23 é exibido as tarifas recalculadas de acordo com os roteamentos da RMC.

Area Destino	RELAÇÃO DE LIGAÇÕES DDD (VALOR PARA CADA ÁREA EM JANEIRO/2006)					
	São Paulo	Rio de Janeiro	Brasília	Curitiba	Campinas	Porto Alegre
Area 11		R\$ 542,46	R\$ 125,88	R\$ 328,52	R\$ 1.109,62	R\$ 367,83
S.J. Campos	R\$ 1.132,76	R\$ 161,40	R\$ 40,67	R\$ 22,21	R\$ 60,80	R\$ 54,56
Area 12	R\$ 218,56	R\$ 70,74	R\$ 0,43	R\$ 11,74	R\$ 901,89	R\$ 1,83
Area 13 32		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,83
Area 13 38		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 14	R\$ 108,66	R\$ 37,80	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00
Area 15 32		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 221,32	R\$ 0,00
Area 16 32	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00
Area 19	R\$ 414,31	R\$ 7,47	R\$ 0,00	R\$ 14,48		R\$ 5,86
Area 21	R\$ 346,59		R\$ 14,40	R\$ 9,09	R\$ 706,32	R\$ 5,93
Area 24	R\$ 35,50		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 32	R\$ 147,59		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 41	R\$ 212,84	R\$ 0,47	R\$ 1,56		R\$ 2,55	R\$ 16,07
Area 42	R\$ 104,54	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 18,31	R\$ 0,00
Area 47	R\$ 116,10	R\$ 1,89	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 21,24
Area 51	R\$ 373,43	R\$ 20,87	R\$ 0,00	R\$ 23,64	R\$ 58,45	
Area 54 32	R\$ 17,91	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
Area 61	R\$ 276,17	R\$ 24,97		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2,15
Area 62	R\$ 17,21	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Valor Total sem RMC	R\$ 3.522,17	R\$ 868,07	R\$ 182,94	R\$ 409,68	R\$ 3.079,26	R\$ 477,30

Tabela 22 – Relação de ligações DDD (Valor para cada área em jan/2006)
(fonte: EMBRATEL 2006)

TABELA DE DESTINOS ROTEADOS E RESPECTIVOS CUSTOS RECALCULADOS						
Destino	São Paulo	Rio de Janeiro	Brasília	Curitiba	Campinas	Porto Alegre
	Via RMC	Via RMC	Via RMC	Via RMC	Via RMC	Via RMC
Area 11		R\$ 34,28	R\$ 7,96	R\$ 20,76	R\$ 85,66	R\$ 23,25
S.J. Campos	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 12	R\$ 13,81	R\$ 4,47	R\$ 0,03	R\$ 0,74	R\$ 69,63	R\$ 0,12
Area 13 32		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,50
Area 13 38		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 14	R\$ 97,70	R\$ 33,99	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00
Area 15 32		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 181,17	R\$ 0,00
Area 16 32	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00
Area 19	R\$ 31,98	R\$ 0,47	R\$ 0,00	R\$ 0,92		R\$ 0,37
Area 21	R\$ 21,90		R\$ 0,91	R\$ 0,57	R\$ 44,64	R\$ 0,37
Area 24	R\$ 29,06		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 32	R\$ 132,70		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Area 41	R\$ 13,45	R\$ 0,03	R\$ 0,10		R\$ 0,16	R\$ 1,02
Area 42	R\$ 93,99	R\$ 0,00	R\$ 0,00		R\$ 16,46	R\$ 0,00
Area 47	R\$ 104,39	R\$ 1,70	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 19,10
Area 51	R\$ 23,60	R\$ 1,32	R\$ 0,00	R\$ 1,49	R\$ 3,69	
Area 54 32	R\$ 14,66	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
Area 61	R\$ 17,45	R\$ 1,58		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,14
Area 62	R\$ 14,09	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Valor total com RMC	R\$ 608,79	R\$ 77,84	R\$ 8,99	R\$ 24,49	R\$ 401,42	R\$ 45,85
LEGENDA		Rota de Saída			Custo	
		DDR Local			Normal	
		GW H.323			Sem Custo	
		GW H.323 + DDR da localidade local			Ligação Local	
		GW H.323 + DDR da localidade local mais próxima			Degrau Tar. D2	
		GW H.323 + DDR da localidade local mais próxima			Degrau Tar. D3	

Tabela 23 – Tabela de destinos roteados e comparação de custos

Nas tabelas 24 e 25 nota-se a significativa diminuição de custos com ligações interurbanas. As despesas com chamadas telefônicas diminuíram praticamente pela metade.

Rede sem RMC					
Localidade Origem	Chamadas entre sítios	Chamadas Interurbanas	Total	Entre sítios	Interurbanas
São Paulo	R\$ 1.123,37	R\$ 6.758,15	R\$ 7.881,52	14,25%	85,75%
Rio de Janeiro	R\$ 606,27	R\$ 1.861,15	R\$ 2.467,42	24,57%	75,43%
Brasília	R\$ 337,89	R\$ 249,26	R\$ 587,15	57,55%	42,45%
Curitiba	R\$ 323,23	R\$ 3.009,54	R\$ 3.332,77	9,70%	90,30%
Campinas	R\$ 251,69	R\$ 4.382,91	R\$ 4.634,60	5,43%	94,57%
Porto Alegre	R\$ 385,71	R\$ 3.584,85	R\$ 3.970,56	9,71%	90,29%
TOTAL	R\$ 3.028,16	R\$ 19.845,86	R\$ 22.874,02	13,24%	86,76%

Tabela 24 – Resumo de despesas sem RMC

Rede com RMC e gateways H.323

Localidade Origem	Chamadas entre sites	Chamadas Interurbanas	Chamadas Interurbanas RMC	Total
São Paulo	R\$ 0,00	R\$ 3.236,98	R\$ 608,79	R\$ 3.845,77
Rio de Janeiro	R\$ 0,00	R\$ 993,08	R\$ 77,84	R\$ 1.070,92
Brasília	R\$ 0,00	R\$ 66,32	R\$ 8,99	R\$ 75,31
Curitiba	R\$ 0,00	R\$ 2.599,86	R\$ 24,49	R\$ 2.624,35
Campinas	R\$ 0,00	R\$ 1.275,36	R\$ 401,42	R\$ 1.676,78
Porto Alegre	R\$ 0,00	R\$ 3.107,55	R\$ 45,85	R\$ 3.153,40
TOTAL	R\$ 0,00	R\$ 11.279,15	R\$ 1.167,38	R\$ 12.446,53

Tabela 25 – Resumo de despesas com RMC

A manutenção dos entroncamentos E1 corporativos sendo de R\$ 9.302,70 e o total do custo das ligações de R\$ 22.874,02, temos um total de R\$ 32.176,72 como sendo o custo mensal de telefonia no sistema atual.

Com a implantação da rede de voz sobre IP, os custos mensais passarão a ser os levantados na tabela 25, somados à taxa de manutenção dos *links* de dados. Como a taxa de transmissão dos *links* existentes vai ser compartilhada entre dados e voz sobre IP, consideraremos como custo pertencente à rede de telefonia o valor proporcional de utilização do *link*. Ou seja, pelos valores de taxa de transmissão que serão consumidos no novo sistema (vistos na tabela 13), podemos projetar o que cada serviço (dados ou voz) vai consumir do total. Para efeito de cálculo, foram utilizados os valores médios, entre tráfego entrante e sainte.

	Taxa de transmissão média projetada (kbps)			Porcentagem de utilização		Manutenção do link		
	Voz	Dados	Total	Voz	Dados	Total Mensal	Proporcional Voz	Proporcional Dados
São Paulo	554,656	1376,100	1930,756	28,73%	71,27%	R\$ 4.871,54	R\$ 1.399,47	R\$ 3.472,07
Rio de Janeiro	277,328	388,350	665,678	41,66%	58,34%	R\$ 3.108,47	R\$ 1.295,02	R\$ 1.813,45
Porto Alegre	138,664	192,050	330,714	41,93%	58,07%	R\$ 2.394,25	R\$ 1.003,88	R\$ 1.390,37
Curitiba	138,664	201,300	339,964	40,79%	59,21%	R\$ 2.394,25	R\$ 976,56	R\$ 1.417,69
S.J. dos Campos	138,664	239,300	377,964	36,69%	63,31%	R\$ 2.394,25	R\$ 878,38	R\$ 1.515,87
Campinas	277,328	171,100	448,428	61,84%	38,16%	R\$ 2.394,25	R\$ 1.480,71	R\$ 913,54
Brasília	138,664	184,000	322,664	42,97%	57,03%	R\$ 2.394,25	R\$ 1.028,92	R\$ 1.365,33
Total da manutenção proporcional para voz (mensal)							R\$ 8.062,94	

Tabela 26 – Custo proporcional de manutenção dos *links* de dados

Desta forma temos como custo total mensal o valor das ligações da RMC de R\$ 12.446,53 somado ao valor total de manutenção mensal dos *links* de R\$ 8.062,94 que totalizam R\$ 20.509,47. São exatos 36,25% a menos de gastos com a rede telefônica corporativa.

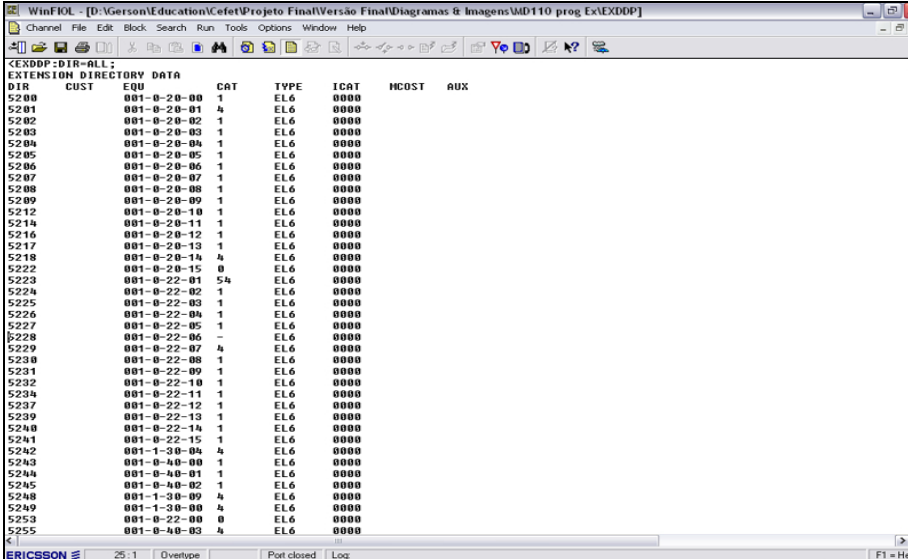
Fazendo-se um comparativo, no sistema atual se gastaria R\$ 386.120,64 em um ano enquanto na rede de voz sobre IP com RMC o custo seria de R\$ 246.113,64. A economia seria de R\$ 140.007,00. Sendo que os custos de implantação do novo sistema equivalem a R\$ 74.528,19, em pouco mais que seis meses a economia gerada no sistema de comunicação de voz cobriria os investimentos realizados para implantação de voz sobre IP.

3.4 RESULTADOS E TESTES

3.4.1 PROGRAMAÇÃO DE RMC NAS CENTRAIS PABX

A programação das RMC nas centrais ocorreu somente em laboratório, sendo simulado somente a interligação entre duas centrais, uma local (Curitiba) e uma central remota (de qualquer outra localidade), sendo que ambas foram testadas somente em laboratório e não em ambiente de produção.

As duas centrais programadas em laboratório são da família MD110 Ericsson, e possuem *hardware* e *software* idênticos às centrais atualmente instaladas em todas as localidades. Elas foram programadas com uma porta *Ethernet* cada uma, para função de gateway H.323, e adicionalmente uma porta de tronco analógico para simulação de conexão à PSTN. A configuração das centrais foi realizada com o *software* Winfiol, proprietário da Ericsson (figura 23).



The screenshot shows the WinFIOL software window with the title bar 'WinFIOL - [D:\Gerson\Education\Cefet\Projeto Final\Versão Final\Diagramas & Imagens\MD110 prog Ex\EXDDP]'. The menu bar includes Channel, File, Edit, Block, Search, Run, Tools, Options, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and simulation control. The main window displays a table titled 'EXTENSION DIRECTORY DATA' with the following columns: DIR, CUST, EQU, CAT, TYPE, ICAT, MCOST, and AUX. The table contains 25 rows of data, representing extensions 5200 through 5255. The data is as follows:

DIR	CUST	EQU	CAT	TYPE	ICAT	MCOST	AUX
5200		001-0-20-00	1	EL6	0000		
5201		001-0-20-01	4	EL6	0000		
5202		001-0-20-02	1	EL6	0000		
5203		001-0-20-03	1	EL6	0000		
5204		001-0-20-04	1	EL6	0000		
5205		001-0-20-05	1	EL6	0000		
5206		001-0-20-06	1	EL6	0000		
5207		001-0-20-07	1	EL6	0000		
5208		001-0-20-08	1	EL6	0000		
5209		001-0-20-09	1	EL6	0000		
5212		001-0-20-10	1	EL6	0000		
5214		001-0-20-11	1	EL6	0000		
5216		001-0-20-12	1	EL6	0000		
5217		001-0-20-13	1	EL6	0000		
5218		001-0-20-14	4	EL6	0000		
5222		001-0-20-15	0	EL6	0000		
5223		001-0-22-01	54	EL6	0000		
5224		001-0-22-02	1	EL6	0000		
5225		001-0-22-03	1	EL6	0000		
5226		001-0-22-04	1	EL6	0000		
5227		001-0-22-05	1	EL6	0000		
5228		001-0-22-06	-	EL6	0000		
5229		001-0-22-07	4	EL6	0000		
5230		001-0-22-08	1	EL6	0000		
5231		001-0-22-09	1	EL6	0000		
5232		001-0-22-10	1	EL6	0000		
5234		001-0-22-11	1	EL6	0000		
5237		001-0-22-12	1	EL6	0000		
5239		001-0-22-13	1	EL6	0000		
5240		001-0-22-14	1	EL6	0000		
5241		001-0-22-15	1	EL6	0000		
5242		001-1-30-04	4	EL6	0000		
5243		001-0-A0-00	1	EL6	0000		
5244		001-0-A0-01	1	EL6	0000		
5245		001-0-A0-02	1	EL6	0000		
5248		001-1-30-09	4	EL6	0000		
5249		001-1-30-00	4	EL6	0000		
5253		001-0-22-00	0	EL6	0000		
5255		001-0-A0-03	4	EL6	0000		

The status bar at the bottom shows 'ERICSSON', '25.1', 'Overtype', 'Port closed', 'Log', and 'F1 = Help'.

Figura 23 – Software Winfiol

A seguir, programação de RMC realizada no pabx:

```

/* Tabela FDT: Classifica os destinos possíveis dentro da RMC */
/* O parâmetro PRE é a destinação de rota do FRCT */
<LCDDP:TAB=FDT;

LEAST COST DESTINATION DATA
FICTITIOUS DESTINATION TABLE
FRCT      TZONE      PRE
11         1         7011      /* Destino São Paulo */
12         1         7012      /* Destino S.J.C      */
19         1         7019      /* Destino Campinas  */
21         1         7021      /* Destino Rio de J. */
41         1         7041      /* Destino DDR Local */
51         1         7051      /* Destino P. Alegre */
61         1         7061      /* Destino Brasília  */

END

*****

/* Tabela DNT1: Classifica a discagem e seu */
/* respectivo FRCT de destino da tabela FDT. */
/* Caso não faça nenhum "match", procura na */
/* próxima tabela DNT2. */
<LCDDP:TAB=DNT1;

LEAST COST DESTINATION DATA
EXCEPTIONS TABLE
ENTRY      TRC PRE      ACCT FRCT TOLL      CBCS BTON TNS OSA
0011336563      8      0  11  1111111111111111      0
0011336564      8      0  11  1111111111111111      0
0011336565      8      0  11  1111111111111111      0
001239084       8      0  12  1111111111111111      0
001332          2      0  11  1111111111111111      0
001338          2      0  11  1111111111111111      0
001532          2      0  11  1111111111111111      0
001632          2      0  19  1111111111111111      0
00193743128     8      0  19  1111111111111111      0
00193743129     8      0  19  1111111111111111      0
00213974215     8      0  21  1111111111111111      0
00213974216     8      0  21  1111111111111111      0
00213974217     8      0  21  1111111111111111      0
00213974218     8      0  21  1111111111111111      0
00213974219     8      0  21  1111111111111111      0
0051337818     8      0  51  1111111111111111      0
0061331691     8      0  61  1111111111111111      0
0061331692     8      0  61  1111111111111111      0
0061331693     8      0  61  1111111111111111      0
0061331694     8      0  61  1111111111111111      0

*****

```

```

/* Tabela DNT2: Classifica a discagem e seu */
/* respectivo FRCT de destino da tabela FDT. */
<LCDDP:TAB=DNT2;
LEAST COST DESTINATION DATA
NUMBER TABLE
ENTRY      TRC PRE      ACCT FRCT TOLL      CBCS BTON TNS OSA
0011        2          0  11  1111111111111111      0
0012        2          0  12  1111111111111111      0
0013        2          0  11  1111111111111111      0
0014        2          0  19  1111111111111111      0
0015        2          0  41  1111111111111111      0
0016        2          0  41  1111111111111111      0
0017        2          0  41  1111111111111111      0
0018        2          0  41  1111111111111111      0
0019        2          0  19  1111111111111111      0
0021        2          0  21  1111111111111111      0
0022        2          0  41  1111111111111111      0
0023        2          0  41  1111111111111111      0
0024        2          0  21  1111111111111111      0
0025        2          0  41  1111111111111111      0
0026        2          0  41  1111111111111111      0
0027        2          0  41  1111111111111111      0
0028        2          0  41  1111111111111111      0
0029        2          0  41  1111111111111111      0
0031        2          0  41  1111111111111111      0
0032        2          0  21  1111111111111111      0
0033        2          0  41  1111111111111111      0
0034        2          0  41  1111111111111111      0
0035        2          0  41  1111111111111111      0
0036        2          0  41  1111111111111111      0
0037        2          0  41  1111111111111111      0
0038        2          0  41  1111111111111111      0
0039        2          0  41  1111111111111111      0
0042        2          0  41  1111111111111111      0
0043        2          0  41  1111111111111111      0
0044        2          0  41  1111111111111111      0
0045        2          0  41  1111111111111111      0
0046        2          0  41  1111111111111111      0
0047        2          0  41  1111111111111111      0
0048        2          0  41  1111111111111111      0
0049        2          0  41  1111111111111111      0
0051        2          0  51  1111111111111111      0
0052        2          0  41  1111111111111111      0
0053        2          0  41  1111111111111111      0
0054        2          0  41  1111111111111111      0
0055        2          0  41  1111111111111111      0
0056        2          0  41  1111111111111111      0
0057        2          0  41  1111111111111111      0
0058        2          0  41  1111111111111111      0
0059        2          0  51  1111111111111111      0
0061        2          0  61  1111111111111111      0

```



```

0062      2      0  61  111111111111111111  0
0063      2      0  41  111111111111111111  0
0064      2      0  41  111111111111111111  0
0065      2      0  41  111111111111111111  0
0066      2      0  41  111111111111111111  0
0067      2      0  41  111111111111111111  0
0068      2      0  41  111111111111111111  0
0069      2      0  41  111111111111111111  0
007       2      0  41  111111111111111111  0
008       2      0  41  111111111111111111  0
009       2      0  41  111111111111111111  0
01        1      0  41  111111111111111111  0
02        1      0  41  111111111111111111  0
03        1      0  41  111111111111111111  0
04        1      0  41  111111111111111111  0
05        1      0  41  111111111111111111  0
06        1      0  41  111111111111111111  0
07        1      0  41  111111111111111111  0
08        1      0  41  111111111111111111  0
09        1      0  41  111111111111111111  0
END

```

Todos os roteamentos possíveis foram testados e alcançaram suas rotas correspondentes, aprovando-se a eficácia de todos os roteamentos analisados nas tabelas da RMC.

3.4.2 ANÁLISE E TESTES DE TAXA DE TRANSMISSÃO COM *SOFTWARE ETHEREAL*

Para se analisar a taxa de transmissão utilizada de fato no sistema, foram utilizados dois *softwares* distintos. O *Ethereal* e o *Lanstat*, ambos de licença *freeware* e *opensource*. O cabo UTP utilizado para ligar a porta da placa ELU32 diretamente ao *switch* foi religado em um *hub*, pois no *switch* os testes e captura de pacotes não iriam funcionar, visto que os *softwares* *Ethereal* e *Lanstat* só são capazes de analisar interfaces conectadas em um mesmo domínio de colisão.

Nota-se, nas figuras 24 e 25, que na medição realizada com o *software* *Ethereal*, o tráfego de dados oriundo de Curitiba com destino a Porto Alegre possui uma variação muito maior que a observada no sentido oposto (tráfego *full-duplex*). No teste realizado, notou-se que o áudio gerado a partir do terminal em Curitiba teve instantes de silêncio, ou seja, a ligação cortada na transmissão de voz no sentido Curitiba para Porto Alegre. Já no sentido oposto não foi observado nenhuma falha de transmissão de voz. Isso ocorreu devido à quantidade de pacotes

perdidos, oriundos de Curitiba (4,27%). Esta perda pode ter ocorrido em virtude do *link* em Curitiba estar conectado à um *hub* e em Porto Alegre estar conectado à um *switch*. No *hub*, a probabilidade de ocorrerem colisões de pacotes são maiores, gerando assim a perda de pacotes. Outros motivos que podem ser considerados são falha no mecanismo de detecção de atividade de voz e falha de transmissão no meio (roteamento em rede MPLS da operadora).

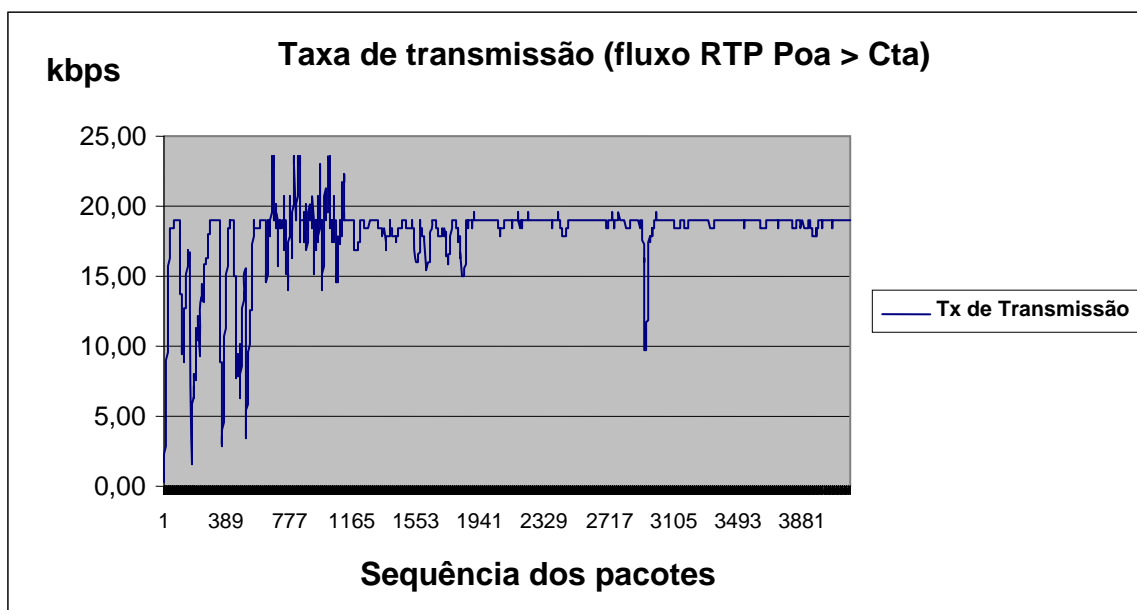


Figura 24 – Taxa de transmissão do fluxo RTP (sentido Poa > Cta)

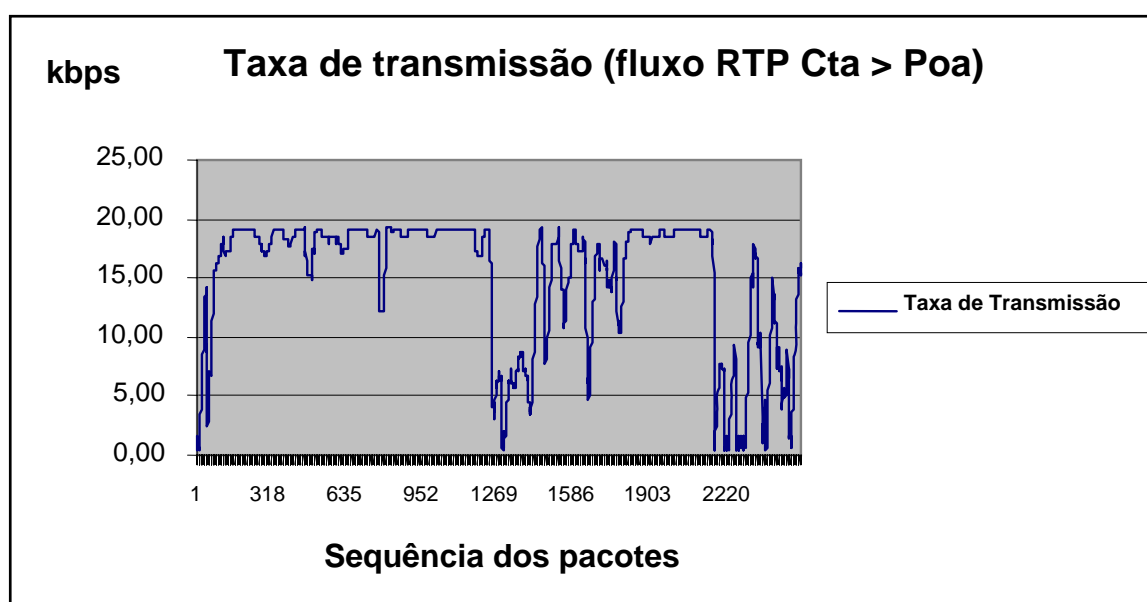


Figura 25 – Taxa de transmiss do fluxo RTP (sentido Cta > Poa)

No relatório gerado a partir do *software* Ethereal (Figura 26), notou-se que a taxa média de transmissão ficou em 15 kbps, com origem em Curitiba, e 18,03 kbps com origem em Porto Alegre (tabela 27). É importante salientar que os testes foram realizados em uma rede local *Ethernet*. Os testes no *link* serial PPP do roteador ao modem da operadora foi inviabilizado devido à política de segurança de rede da própria empresa.

Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	BW (Kbps)	Marker	Status
7789	9476	29.95	0.92	18.48		[Ok]
7791	9477	30.08	0.86	18.48		[Ok]
7793	9478	30.05	0.81	18.48		[Ok]
7795	9479	29.90	0.77	18.48		[Ok]
7797	9480	29.93	0.72	18.48		[Ok]
7799	9481	30.13	0.69	18.48		[Ok]
7801	9482	29.99	0.64	19.04		[Ok]
7802	9483	0.60	3.07	19.38		[Ok]
7805	9484	59.47	5.97	18.82	SET	[Ok]
7807	9485	29.92	5.60	18.82		[Ok]
7808	9486	29.33	5.92	18.75		[Ok]
7811	9487	30.09	6.79	18.53		[Ok]
7813	9488	59.88	7.00	17.74		[Ok]
7815	9489	30.09	6.57	17.52		[Ok]
7818	9490	30.11	6.16	17.30		[Ok]
7819	9491	29.81	5.79	17.07		[Ok]
7822	9493	59.99	5.43	16.29		Wrong sequence nr.
7824	9494	30.17	5.10	16.06		[Ok]
7827	9495	60.03	5.41	15.28		[Ok]
7832	9496	119.98	5.70	13.38		[Ok]
7844	9498	240.37	5.94	9.23		Wrong sequence nr.
7846	9499	30.08	5.58	9.01		[Ok]
7848	9500	29.99	5.23	8.78		[Ok]
7850	9501	30.05	4.91	8.56		[Ok]
7853	9502	59.86	7.71	8.00	SET	[Ok]
7855	9503	30.06	7.24	8.00		[Ok]
7857	9504	30.03	6.79	7.66		[Ok]
7860	9505	29.95	6.36	8.22		[Ok]
7862	9506	29.95	5.97	8.22		[Ok]
7864	9507	30.06	5.60	8.22		[Ok]
7869	9508	29.87	5.26	8.29		[Ok]
7870	9509	29.84	4.94	8.51		[Ok]
7871	9510	30.19	4.64	9.07		[Ok]
7872	9511	30.04	4.36	9.30		[Ok]
7874	9512	29.95	4.09	9.52		[Ok]
7876	9513	30.18	3.84	9.74		[Ok]
7878	9514	29.94	3.61	9.97		[Ok]
7883	9515	29.78	3.39	10.53		[Ok]

Max delta = 4.109943 sec at packet no. 13261
Total RTP packets = 2491 (expected 2602) Lost RTP packets = 111 (4.27%) Sequence errors = 90

Figura 26 – Impressão de janela captado de relatório no *software* Ethereal

Comparando com os resultados, a taxa de transmissão analisada ficou abaixo da taxa de transmissão média calculada de 22,4 kbps (com *overhead Ethernet*), considerando-se o índice de atividade de voz como 0,5.

Fluxo RTP Cta > Poa	
Duração do fluxo RTP (seg)	136,07
Taxa de transmissão média (kbps)	15,00
Jitter médio (ms)	2,02
Delay médio (ms)	54,65
Perda de pacotes RTP (%)	4,27
Fluxo RTP Poa > Cta	
Duração do fluxo RTP (seg)	136,13
Taxa de transmissão média (kbps)	18,03
Jitter médio (ms)	2,51
Delay médio (ms)	32,81
Perda de pacotes RTP (%)	1,14

Tabela 27 – Valores diagnosticados no tráfego de pacotes oriundo de Curitiba

Podemos deduzir com os resultados obtidos, que o índice de atividade ficou abaixo de 0,5 como aplicado nos cálculos teóricos.

Com os valores médio de *jitter* e *delay*, mais a porcentagem de perda de pacotes RTP, é possível calcular o índice MOS médio da conversação, através de aplicativo online, disponível na home page da DAVID WALL ENTERPRISES (2006). O valor calculado para o fluxo RTP oriundo de Curitiba foi de 3,44 e oriundo de Porto Alegre de 3,92.

Os valores de *jitter* e *delay* dos testes podem ser classificados como ótimos, porém a perda de pacotes oriundos de Curitiba ficou bem acima do aceitável, obtendo classificação da conversação como “pobre”. Isso fez com que o índice MOS do fluxo RTP oriundo de Curitiba recebesse classificação abaixo da média do codec G.729ab. O valor MOS de Porto Alegre ficou exatamente igual à média teórica e publicamente conhecida do codec G.729ab.

Parâmetro	Ótimo	Aceitável	Pobre
<i>Delay</i>	0-150 ms	150-300 ms	> 300 ms
<i>Jitter</i>	0-20 ms	20-50 ms	> 50 ms
Perda de pacote	0-0.5 %	0.5-1.5%	> 1.5%

Tabela 28 – Classificação qualitativa proporcional a *delay*, *jitter* e perda de pacote
(fonte: CALYAM, 2006)

3.4.3 ANÁLISE E TESTES DE TAXA DE TRANSMISSÃO COM SOFTWARE LANSTAT

O *software* Lanstat, de plataforma MS-DOS, não possui tantos recursos para análise como o Ethernet, apresentando resultados poucos satisfatórios. Um dos problemas para coleta de informação do *software* foi encontrar uma maneira de extrair os dados da tela de apresentação para alguma planilha ou documento de texto. Foi necessário captar as informações através de impressões de janelas da tela do *software*, para posteriormente formatar os dados em planilha eletrônica, incluindo os dados manualmente. Na figura 27 observa-se uma das impressões de janela captados do *software* no teste. O endereço do *gateway* de Porto Alegre é o 10.136.65.177 e do *gateway* de Curitiba o 10.136.97.232.

Row	Src IPAddress	Dst IPAddress	TotalPkts	TotalBytes	Pkt/sec	Byte/sec
0	10.136.65.177	10.136.97.232	825	69576	33	2797
1	10.136.96.2	224.0.0.1	1	60	0	0
2	10.136.97.53	10.136.96.1	1	60	0	0
3	10.136.97.53	10.136.97.25	1	60	0	0
4	10.136.97.53	10.136.97.75	1	60	0	0
5	10.136.97.53	10.136.97.79	1	60	0	0
6	10.136.97.70	10.136.103.255	1	243	0	51
7	10.136.97.83	10.136.97.233	24	1440	0	51
8	10.136.97.232	10.136.65.177	345	26740	18	1427
9	10.136.97.233	10.136.97.83	24	4150	0	166

Row	Src IPAddress	Dst IPAddress	TotalPkts	TotalBytes	Pkt/sec	Byte/sec
0	10.136.1.10	10.136.97.29	1	138	0	0
1	10.136.65.177	10.136.97.232	1571	132286	33	2824
2	10.136.97.10	10.136.97.82	1	200	0	0
3	10.136.97.10	10.136.97.84	1	60	0	0
4	10.136.97.10	10.136.97.93	1	60	0	0
5	10.136.97.10	10.136.97.111	1	60	0	0
6	10.136.97.10	10.136.103.255	6	552	0	0
7	10.136.97.53	10.136.103.255	4	519	0	0
8	10.136.97.66	10.136.103.255	1	243	0	0
9	10.136.97.83	10.136.97.233	46	2760	0	57
10	10.136.97.83	10.136.103.255	1	243	0	0
11	10.136.97.84	10.136.103.255	3	276	0	0
12	10.136.97.91	10.136.103.255	1	243	0	0
13	10.136.97.107	10.136.97.106	1	60	0	0
14	10.136.97.111	10.136.103.255	3	276	0	0
15	10.136.97.232	10.136.65.177	1207	100724	33	2855
16	10.136.97.233	10.136.97.83	46	8401	0	135

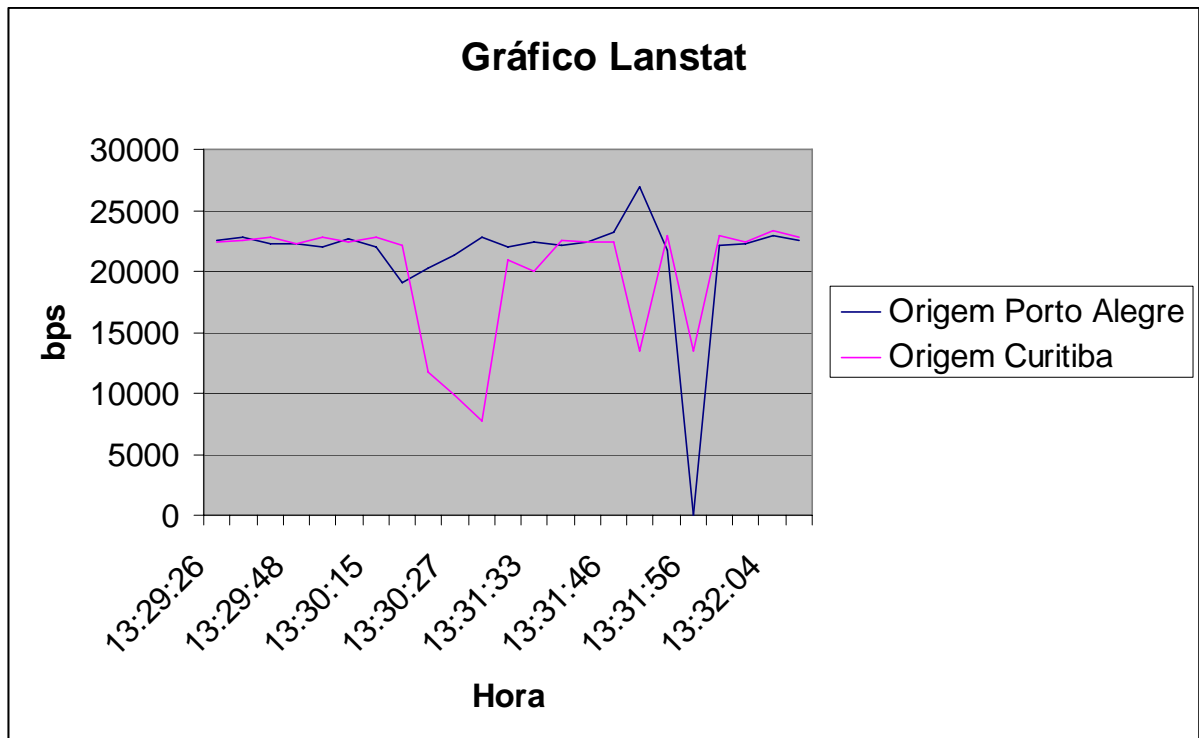
h=help 13:32:06_Refresh=2s Table=IPConversations Sort=Address

Figura 27 – Impressão de janela do *software* captado durante medições com Lanstat

Os resultados obtidos nos testes com o *software* Lanstat ficaram, assim como no Ethereal, próximos aos valores calculados teoricamente, conforme observa-se na tabela 29. Percebe-se claramente que a coleta de informação não conseguiu detectar os períodos de perda de pacote do site de Curitiba, como diagnosticado no *software* Ethereal. Assim a taxa de transmissão média ficou estável nos dois sentidos, ocultando as falhas detectadas com o Ethereal.

Time	Taxa por origem (bps)	
	Porto Alegre	Curitiba
13:29:26	22576	22464
13:29:34	22784	22592
13:29:38	22264	22776
13:29:48	22224	22224
13:30:02	21968	22776
13:30:11	22656	22464
13:30:15	22064	22776
13:30:19	19120	22112
13:30:23	20248	11792
13:30:27	21360	9864
13:30:35	22840	7720
13:31:09	21944	20888
13:31:33	22400	19944
13:31:40	22088	22568
13:31:42	22352	22432
13:31:46	23208	22400
13:31:50	26880	13440
13:31:52	21760	22896

13:31:56	0	13440
13:31:58	22080	22896
13:32:00	22320	22432
13:32:04	22896	23376
13:32:06	22592	22840
Média	21331	19961

Tabela 29 – Valores amostrados no *software* LanstatFigura 28 – Gráfico de tráfego de dados observado pelo *software* Lanstat

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste projeto foi detalhar a especificação da migração de um sistema de comunicação de voz, da plataforma de comutação por circuitos para a plataforma de comutação por pacotes, demonstrando sua viabilidade técnica e financeira.

Através de testes em laboratório nas dependências da Damovo do Brasil, foi possível presenciar o funcionamento de parte do projeto, visto que a implantação total demandaria mão de obra em outras localidades, o que não se possuía no momento. Assim, a simulação de um dos *gateways* H.323 foi realizada em laboratório, simulando-se uma conexão entre a localidade de Curitiba e Porto Alegre.

Com a ajuda dos analisadores de rede Ethereal e Lanstat, foi possível verificar o correto funcionamento das chamadas simuladas (Anexo C) e averiguou-se a taxa de transmissão real consumida em uma chamada através do *gateway* H.323. A capacidade mensurada com os *softwares* analisadores apresentou diferença em relação aos valores calculados teoricamente. A medição mais próxima da calculada teoricamente foi a do Lanstat, em ambas as direções, que ficou em torno de 20 kbps, apenas 2 kbps a menos do valor teórico. Embora mais próxima, foi a menos confiável, ao contrário do *software* Ethereal, que conseguiu capturar mais detalhes da chamada Voip, inclusive uma diferença maior que do Lanstat.

Os motivos que podem explicar esta diferença:

- taxa de atividade de voz, que pode ter sido bem abaixo do índice proposto de 0,5;
- QoS, que inclui customização de *switch* e roteador para priorização de tráfego de voz sobre IP, não implementado em laboratório por falta de recursos. *Broadcasts* e outros pacotes indesejáveis podem ter entrado na captura dos pacotes;

Na análise de viabilidade constatou-se que financeiramente e tecnicamente o projeto é viável. Foram calculados os gastos totais no sistema atual, comparando-os com os gastos previstos no novo sistema. Através de pesquisa das tarifas de operadoras de telefonia, chegou-se à média das tarifas interurbanas, e através delas as chamadas roteadas pela RMC foram retarifadas, de acordo com os destinos mais chamados. E assim fez-se o cálculo do total gasto mensalmente

pelo atual sistema e pelo novo sistema. Obviamente o novo sistema foi o mais econômico, e analisando-se os gastos de implantação, estes seriam cobertos em menos de um ano, com as economias geradas pelo novo sistema.

O projeto disserta sobre assuntos diretamente relacionados ao sistema como análise de tráfego telefônico, telefonia pública e privada, redes de dados e voz sobre IP. Como trabalho acadêmico, ele cumpre sua função como estudo de caso e faz uma revisão de literatura, que na maior parte, não está inclusa no currículo dos cursos de tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANATEL, **Anexo à resolução N° 424 de 6 de dezembro de 2005**. Disponível em <http://www.anatel.gov.br/biblioteca/Resolucao/2005/Anexo_res_424_2005.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2006.

CALYAM Prasad; SRIDHARAN Mukundan; MANDRAWA Weiping; SCHOPIS Paul. **Performance Measurement and Analysis of H.323 Traffic**, 2006. OARnet, Ohio State University. Disponível em <<http://www.pam2004.org/papers/222.pdf>>. Acesso em 8 set. 2006.

CISCO SYSTEMS. **Programa cisco networking academy**, 2005. Disponível em <<http://cisco.netacad.net>>. Acesso em: 17 mai. 2005.

COMER, Douglas E. **Interligação em Rede com TCP/IP**. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 672 p.

DAVID WALL ENTERPRISES. **MOS Calculator**, 2006. Disponível em <<http://davidwall.com/MOSCalc.htm>>. Acesso em: 8 set. 2006.

DODD, Annabel Z. **O guia essencial para telecomunicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 399 p.

FERRARI, Antonio Martins. **Telecomunicações – Evolução e Revolução**. 2. ed. São Paulo: Erica, 1998. 306 p.

FLORES Milton M.; TADEU Marcos. **Telefonia IP (VoIP)**. 1. ed. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005. 167 p.

HERSENT Oliver; GUIDE David; PETIT Jean-Pierre. **Telefonia IP – Comunicação multimedia baseada em pacotes**. 1. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 451 p.

IETF, **Request For Comments (RFC) 3551**, 2003. Disponível em <<http://ietfreport.isoc.org/idref/rfc3551>>. Acesso em 18 abr 2006.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. **Sistemas Telefônicos**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004. 651 p.

MILLENIUM Mathematics Projetc. **Plus Magazine**, 2004. Disponível em <<http://plus.maths.org/issue2/erlang>>. Acesso em 24 jan. 2006.

PACKETIZER – **Understanding voip**, 2005. Disponível em <<http://www.packetizer.com>> . Acesso em: 20 mai. 2005.

PINHEIRO, José M. S. – **Rede telefônica comutada**, 2005. Disponível em <<http://www.projetoederedes.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2005.

PINHEIRO, José M. S. – **Centrais privadas de comutação**, 2005. Disponível em <<http://www.projetoederedes.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2005.

SIEMENS SOCIEDADE ANÔNIMA. **Teoria do tráfego telefônico – tabelas e gráficos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. 358 p.

SILVA, Adailton J. S. **Qualidade de serviço em voip**, 2005. Disponível em <http://www.rnp.br/newsgen/0005/qos_voip1.html>. Acesso em: 20 mai. 2005.

SINHA, Shweta. **TCP Tutorial**, 1998. Disponível em <<http://www.ssfnet.org/Exchange/tcp/tcpTutorialNotes.html>>. Acesso em 13 fev. 2006.

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON, **Active library explorer, biblioteca versão asb 501 04 r11**, Estocolmo, 2004.

ANEXO A – Relatório de tráfego telefônico

Relatório gerado a partir do sistema pabx MD110 Ericsson – Localidade São Paulo

<TRREP: MENO=5, DATE=2005-09-19&&2005-09-25, PERIOD=1;
TRAFFIC RECORDING RESULT DATA

DATE	MENO	ROUTE						
19SET05	5	ROU = 39						
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	INC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG	
01:00-02:00	0.01	0	1	60	0	0	0	
01:15-02:15	0.01	0	1	60	0	0	0	
01:30-02:30	0.01	0	1	60	0	0	0	
01:45-02:45	0.04	0	3	60	0	0	0	
02:00-03:00	0.02	0	2	60	0	0	0	
02:15-03:15	0.02	0	2	60	0	0	0	
02:30-03:30	0.02	0	2	60	0	0	0	
02:45-03:45	0.01	0	1	60	0	0	0	
03:00-04:00	0.01	0	1	60	0	0	0	
03:15-04:15	0.01	0	1	60	0	0	0	
03:30-04:30	0.02	0	2	60	0	0	0	
03:45-04:45	0.01	0	1	60	0	0	0	
04:00-05:00	0.01	0	1	60	0	0	0	
04:15-05:15	0.02	0	2	60	0	0	0	
04:30-05:30	0.01	0	1	60	0	0	0	
04:45-05:45	0.02	0	2	60	0	0	0	
05:00-06:00	0.05	0	3	60	0	0	0	
05:15-06:15	0.04	0	2	60	0	0	0	
05:30-06:30	0.07	0	3	60	0	0	0	
05:45-06:45	0.06	0	2	60	0	0	0	
06:00-07:00	0.08	3	4	60	0	0	0	
06:15-07:15	0.09	3	6	60	0	0	0	
06:30-07:30	0.11	5	7	60	0	0	0	
06:45-07:45	0.20	7	10	60	0	0	0	
07:00-08:00	0.22	6	9	60	0	0	0	
07:15-08:15	0.66	12	31	60	0	0	0	
07:30-08:30	1.89	58	47	60	0	0	0	
07:45-08:45	4.44	99	75	60	0	0	0	
08:00-09:00	7.27	170	102	60	0	0	0	
08:15-09:15	10.58	213	112	60	0	0	0	
08:30-09:30	13.30	198	130	60	0	0	0	
08:45-09:45	14.77	194	137	60	0	0	0	
09:00-10:00	17.29	168	156	60	0	0	0	
09:15-10:15	18.41	182	165	60	0	0	0	
09:30-10:30	18.10	206	172	60	0	0	0	
09:45-10:45	17.18	221	162	60	0	0	0	
10:00-11:00	16.09	224	157	60	0	0	0	
10:15-11:15	17.02	216	167	60	0	0	0	
10:30-11:30	18.51	224	175	60	0	0	0	
10:45-11:45	19.67	250	195	60	0	0	0	
11:00-12:00	19.29	247	195	60	0	0	0	
11:15-12:15	16.85	214	174	60	0	0	0	
11:30-12:30	14.84	180	145	60	0	0	0	
11:45-12:45	12.48	122	112	60	0	0	0	
12:00-13:00	10.72	117	86	60	0	0	0	
12:15-13:15	9.71	175	71	60	0	0	0	
12:30-13:30	8.88	165	80	60	0	0	0	
12:45-13:45	8.73	168	90	60	0	0	0	
13:00-14:00	9.24	169	110	60	0	0	0	
13:15-14:15	10.66	132	146	60	0	0	0	
13:30-14:30	12.67	160	162	60	0	0	0	
13:45-14:45	15.64	187	183	60	0	0	0	
14:00-15:00	17.22	185	181	60	0	0	0	
14:15-15:15	17.62	190	167	60	0	0	0	
14:30-15:30	17.10	192	162	60	0	0	0	
14:45-15:45	16.58	220	165	60	0	0	0	
15:00-16:00	16.06	233	172	60	0	0	0	
15:15-16:15	15.47	215	175	60	0	0	0	
15:30-16:30	16.07	209	186	60	0	0	0	
15:45-16:45	16.16	178	176	60	0	0	0	
16:00-17:00	17.46	192	177	60	0	0	0	
16:15-17:15	17.99	224	160	60	0	0	0	
16:30-17:30	17.07	209	135	60	0	0	0	
16:45-17:45	15.61	196	125	60	0	0	0	
17:00-18:00	12.39	151	102	60	0	0	0	
17:15-18:15	8.96	98	94	60	0	0	0	
17:30-18:30	6.23	78	78	60	0	0	0	
17:45-18:45	4.59	61	56	60	0	0	0	
18:00-19:00	3.48	43	42	60	0	0	0	
18:15-19:15	3.54	39	37	60	0	0	0	
18:30-19:30	3.48	47	35	60	0	0	0	
18:45-19:45	2.62	30	30	60	0	0	0	
19:00-20:00	2.28	28	32	60	0	0	0	

19: 15-20: 15	1. 70	27	21	60	0	0	0
19: 30-20: 30	1. 36	11	13	60	0	0	0
19: 45-20: 45	1. 12	10	15	60	0	0	0
20: 00-21: 00	0. 75	7	7	60	0	0	0
20: 15-21: 15	0. 61	3	8	60	0	0	0
20: 30-21: 30	0. 29	1	10	60	0	0	0
20: 45-21: 45	0. 16	1	9	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0. 24	2	14	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0. 39	4	12	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0. 37	5	9	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0. 33	4	6	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0. 33	3	2	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0. 14	1	2	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0. 14	0	3	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0. 28	1	3	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0. 40	2	5	60	0	0	0

BUSY HOUR START TIME = 10: 45

DATE	MENO	ROUTE	20SET05	5	ROU = 39	TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01: 00-02: 00	0. 11	5	6	60	0	0	0						
01: 15-02: 15	0. 11	6	4	60	0	0	0						
01: 30-02: 30	0. 08	4	4	60	0	0	0						
01: 45-02: 45	0. 09	4	5	60	0	0	0						
02: 00-03: 00	0. 05	3	1	60	0	0	0						
02: 15-03: 15	0. 01	0	1	60	0	0	0						
02: 30-03: 30	0. 01	0	1	60	0	0	0						
02: 45-03: 45	0. 01	0	1	60	0	0	0						
03: 00-04: 00	0. 01	0	1	60	0	0	0						
03: 15-04: 15	0. 01	0	1	60	0	0	0						
03: 30-04: 30	0. 02	0	2	60	0	0	0						
03: 45-04: 45	0. 01	0	1	60	0	0	0						
04: 00-05: 00	0. 01	0	1	60	0	0	0						
04: 15-05: 15	0. 02	0	3	60	0	0	0						
04: 30-05: 30	0. 02	0	3	60	0	0	0						
04: 45-05: 45	0. 05	0	5	60	0	0	0						
05: 00-06: 00	0. 08	0	6	60	0	0	0						
05: 15-06: 15	0. 07	0	4	60	0	0	0						
05: 30-06: 30	0. 09	1	4	60	0	0	0						
05: 45-06: 45	0. 08	4	2	60	0	0	0						
06: 00-07: 00	0. 10	6	3	60	0	0	0						
06: 15-07: 15	0. 20	8	5	60	0	0	0						
06: 30-07: 30	0. 37	10	5	60	0	0	0						
06: 45-07: 45	0. 59	11	8	60	0	0	0						
07: 00-08: 00	0. 91	15	18	60	0	0	0						
07: 15-08: 15	1. 21	21	32	60	0	0	0						
07: 30-08: 30	2. 09	38	44	60	0	0	0						
07: 45-08: 45	3. 93	61	67	60	0	0	0						
08: 00-09: 00	6. 44	87	78	60	0	0	0						
08: 15-09: 15	8. 60	116	88	60	0	0	0						
08: 30-09: 30	10. 97	130	119	60	0	0	0						
08: 45-09: 45	13. 37	156	130	60	0	0	0						
09: 00-10: 00	14. 20	159	157	60	0	0	0						
09: 15-10: 15	15. 45	157	166	60	0	0	0						
09: 30-10: 30	16. 20	178	177	60	0	0	0						
09: 45-10: 45	16. 18	191	193	60	0	0	0						
10: 00-11: 00	16. 25	207	184	60	0	0	0						
10: 15-11: 15	16. 72	226	220	60	0	0	0						
10: 30-11: 30	16. 66	228	227	60	0	0	0						
10: 45-11: 45	16. 97	216	241	60	0	0	0						
11: 00-12: 00	17. 45	201	244	60	0	0	0						
11: 15-12: 15	15. 40	170	201	60	0	0	0						
11: 30-12: 30	13. 37	143	162	60	0	0	0						
11: 45-12: 45	9. 93	109	103	60	0	0	0						
12: 00-13: 00	6. 44	87	79	60	0	0	0						
12: 15-13: 15	4. 97	77	80	60	0	0	0						
12: 30-13: 30	3. 72	61	76	60	0	0	0						
12: 45-13: 45	4. 02	62	99	60	0	0	0						
13: 00-14: 00	6. 52	74	122	60	0	0	0						
13: 15-14: 15	8. 98	89	138	60	0	0	0						
13: 30-14: 30	12. 59	122	156	60	0	0	0						
13: 45-14: 45	15. 10	143	164	60	0	0	0						
14: 00-15: 00	15. 92	175	169	60	0	0	0						
14: 15-15: 15	16. 93	175	179	60	0	0	0						
14: 30-15: 30	16. 79	168	185	60	0	0	0						
14: 45-15: 45	17. 59	159	209	60	0	0	0						
15: 00-16: 00	18. 08	132	197	60	0	0	0						
15: 15-16: 15	18. 57	151	184	60	0	0	0						
15: 30-16: 30	18. 53	155	197	60	0	0	0						
15: 45-16: 45	18. 15	169	184	60	0	0	0						
16: 00-17: 00	17. 28	181	191	60	0	0	0						
16: 15-17: 15	15. 95	176	186	60	0	0	0						
16: 30-17: 30	13. 94	157	156	60	0	0	0						
16: 45-17: 45	11. 36	131	132	60	0	0	0						
17: 00-18: 00	9. 36	102	107	60	0	0	0						
17: 15-18: 15	7. 02	69	97	60	0	0	0						
17: 30-18: 30	5. 39	50	76	60	0	0	0						

17:45-18:45	3.70	31	60	60	0	0	0
18:00-19:00	2.20	22	48	60	0	0	0
18:15-19:15	1.15	14	24	60	0	0	0
18:30-19:30	1.01	10	23	60	0	0	0
18:45-19:45	1.03	13	20	60	0	0	0
19:00-20:00	0.90	9	17	60	0	0	0
19:15-20:15	1.06	11	18	60	0	0	0
19:30-20:30	0.67	14	17	60	0	0	0
19:45-20:45	0.44	9	12	60	0	0	0
20:00-21:00	0.36	8	11	60	0	0	0
20:15-21:15	0.20	5	10	60	0	0	0
20:30-21:30	0.11	0	11	60	0	0	0
20:45-21:45	0.11	0	12	60	0	0	0
21:00-22:00	0.21	0	11	60	0	0	0
21:15-22:15	0.25	0	11	60	0	0	0
21:30-22:30	0.22	0	7	60	0	0	0
21:45-22:45	0.18	0	6	60	0	0	0
22:00-23:00	0.08	0	5	60	0	0	0
22:15-23:15	0.03	0	4	60	0	0	0
22:30-23:30	0.03	0	4	60	0	0	0
22:45-23:45	0.02	0	2	60	0	0	0
23:00-24:00	0.10	0	5	60	0	0	0
BUSY HOUR START TIME = 15:15							
DATE	MENO	ROUTE					
21SET05	5	ROU = 39					
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01:00-02:00	0.01	0	1	60	0	0	0
01:15-02:15	0.01	0	1	60	0	0	0
01:30-02:30	0.02	2	1	60	0	0	0
01:45-02:45	0.06	2	3	60	0	0	0
02:00-03:00	0.05	2	2	60	0	0	0
02:15-03:15	0.08	4	2	60	0	0	0
02:30-03:30	0.09	4	2	60	0	0	0
02:45-03:45	0.09	4	2	60	0	0	0
03:00-04:00	0.11	4	3	60	0	0	0
03:15-04:15	0.12	5	3	60	0	0	0
03:30-04:30	0.12	4	5	60	0	0	0
03:45-04:45	0.09	4	3	60	0	0	0
04:00-05:00	0.07	4	2	60	0	0	0
04:15-05:15	0.03	1	3	60	0	0	0
04:30-05:30	0.04	0	2	60	0	0	0
04:45-05:45	0.05	0	3	60	0	0	0
05:00-06:00	0.07	0	4	60	0	0	0
05:15-06:15	0.06	0	3	60	0	0	0
05:30-06:30	0.02	0	2	60	0	0	0
05:45-06:45	0.01	0	1	60	0	0	0
06:00-07:00	0.02	0	2	60	0	0	0
06:15-07:15	0.04	0	5	60	0	0	0
06:30-07:30	0.10	2	6	60	0	0	0
06:45-07:45	0.16	5	7	60	0	0	0
07:00-08:00	0.21	11	6	60	0	0	0
07:15-08:15	0.51	15	8	60	0	0	0
07:30-08:30	2.21	38	25	60	0	0	0
07:45-08:45	4.91	59	49	60	0	0	0
08:00-09:00	8.13	71	73	60	0	0	0
08:15-09:15	10.49	85	98	60	0	0	0
08:30-09:30	11.99	103	106	60	0	0	0
08:45-09:45	13.38	123	117	60	0	0	0
09:00-10:00	14.16	154	131	60	0	0	0
09:15-10:15	17.01	197	144	60	0	0	0
09:30-10:30	18.45	212	158	60	0	0	0
09:45-10:45	19.16	222	176	60	0	0	0
10:00-11:00	19.17	245	186	60	0	0	0
10:15-11:15	18.11	241	210	60	0	0	0
10:30-11:30	18.32	249	230	60	0	0	0
10:45-11:45	17.96	228	222	60	0	0	0
11:00-12:00	17.33	188	198	60	0	0	0
11:15-12:15	15.74	165	158	60	0	0	0
11:30-12:30	13.01	130	116	60	0	0	0
11:45-12:45	10.09	111	91	60	0	0	0
12:00-13:00	7.64	91	79	60	0	0	0
12:15-13:15	6.72	86	81	60	0	0	0
12:30-13:30	6.48	76	88	60	0	0	0
12:45-13:45	7.05	83	88	60	0	0	0
13:00-14:00	8.96	118	101	60	0	0	0
13:15-14:15	9.50	132	100	60	0	0	0
13:30-14:30	11.25	147	116	60	0	0	0
13:45-14:45	13.15	173	141	60	0	0	0
14:00-15:00	13.70	158	151	60	0	0	0
14:15-15:15	15.04	156	148	60	0	0	0
14:30-15:30	15.81	174	160	60	0	0	0
14:45-15:45	16.32	191	167	60	0	0	0
15:00-16:00	17.44	221	172	60	0	0	0
15:15-16:15	17.88	250	192	60	0	0	0
15:30-16:30	17.63	241	189	60	0	0	0
15:45-16:45	16.69	210	171	60	0	0	0
16:00-17:00	16.38	197	174	60	0	0	0

16: 15-17: 15	15.02	169	173	60	0	0	0
16: 30-17: 30	13.09	167	157	60	0	0	0
16: 45-17: 45	11.76	164	158	60	0	0	0
17: 00-18: 00	9.16	134	149	60	0	0	0
17: 15-18: 15	7.60	102	115	60	0	0	0
17: 30-18: 30	6.21	66	92	60	0	0	0
17: 45-18: 45	4.23	42	70	60	0	0	0
18: 00-19: 00	2.79	25	51	60	0	0	0
18: 15-19: 15	1.66	19	47	60	0	0	0
18: 30-19: 30	1.02	15	38	60	0	0	0
18: 45-19: 45	1.03	14	27	60	0	0	0
19: 00-20: 00	1.20	16	14	60	0	0	0
19: 15-20: 15	1.40	14	12	60	0	0	0
19: 30-20: 30	1.93	13	14	60	0	0	0
19: 45-20: 45	2.10	12	14	60	0	0	0
20: 00-21: 00	1.90	9	13	60	0	0	0
20: 15-21: 15	1.51	8	15	60	0	0	0
20: 30-21: 30	0.82	9	14	60	0	0	0
20: 45-21: 45	0.34	5	12	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0.20	5	11	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0.13	4	5	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0.13	3	2	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0.12	3	1	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0.19	2	6	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0.22	2	8	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0.16	0	8	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0.16	0	8	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0.16	0	5	60	0	0	0
BUSY HOUR START TIME = 10: 00							
DATE	MENO	ROUTE					
22SET05	5	ROU = 39					
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01: 00-02: 00	0.24	0	3	60	0	0	0
01: 15-02: 15	0.03	0	2	60	0	0	0
01: 30-02: 30	0.03	0	2	60	0	0	0
01: 45-02: 45	0.08	0	4	60	0	0	0
02: 00-03: 00	0.06	0	3	60	0	0	0
02: 15-03: 15	0.06	0	3	60	0	0	0
02: 30-03: 30	0.06	0	3	60	0	0	0
02: 45-03: 45	0.02	0	2	60	0	0	0
03: 00-04: 00	0.02	0	2	60	0	0	0
03: 15-04: 15	0.02	0	3	60	0	0	0
03: 30-04: 30	0.07	1	4	60	0	0	0
03: 45-04: 45	0.15	3	3	60	0	0	0
04: 00-05: 00	0.13	3	2	60	0	0	0
04: 15-05: 15	0.16	3	4	60	0	0	0
04: 30-05: 30	0.13	2	4	60	0	0	0
04: 45-05: 45	0.13	4	5	60	0	0	0
05: 00-06: 00	0.15	5	6	60	0	0	0
05: 15-06: 15	0.12	5	3	60	0	0	0
05: 30-06: 30	0.11	9	2	60	0	0	0
05: 45-06: 45	0.04	6	1	60	0	0	0
06: 00-07: 00	0.08	6	3	60	0	0	0
06: 15-07: 15	0.09	7	4	60	0	0	0
06: 30-07: 30	0.16	6	5	60	0	0	0
06: 45-07: 45	0.22	8	6	60	0	0	0
07: 00-08: 00	0.34	12	7	60	0	0	0
07: 15-08: 15	0.86	16	20	60	0	0	0
07: 30-08: 30	2.15	36	36	60	0	0	0
07: 45-08: 45	4.63	70	68	60	0	0	0
08: 00-09: 00	6.99	106	90	60	0	0	0
08: 15-09: 15	9.11	133	99	60	0	0	0
08: 30-09: 30	11.94	147	122	60	0	0	0
08: 45-09: 45	14.14	162	137	60	0	0	0
09: 00-10: 00	15.63	169	143	60	0	0	0
09: 15-10: 15	15.92	174	160	60	0	0	0
09: 30-10: 30	15.63	185	161	60	0	0	0
09: 45-10: 45	16.61	216	159	60	0	0	0
10: 00-11: 00	17.56	232	169	60	0	0	0
10: 15-11: 15	19.68	270	182	60	0	0	0
10: 30-11: 30	20.06	280	175	60	0	0	0
10: 45-11: 45	18.06	254	178	60	0	0	0
11: 00-12: 00	16.39	231	202	60	0	0	0
11: 15-12: 15	13.98	191	174	60	0	0	0
11: 30-12: 30	12.33	177	167	60	0	0	0
11: 45-12: 45	10.58	152	136	60	0	0	0
12: 00-13: 00	9.09	145	88	60	0	0	0
12: 15-13: 15	8.24	132	80	60	0	0	0
12: 30-13: 30	7.39	131	66	60	0	0	0
12: 45-13: 45	7.21	133	68	60	0	0	0
13: 00-14: 00	8.27	151	70	60	0	0	0
13: 15-14: 15	9.75	170	91	60	0	0	0
13: 30-14: 30	11.39	187	120	60	0	0	0
13: 45-14: 45	14.77	200	145	60	0	0	0
14: 00-15: 00	16.87	196	168	60	0	0	0
14: 15-15: 15	18.05	202	177	60	0	0	0
14: 30-15: 30	19.03	224	171	60	0	0	0

14: 45-15: 45	19.06	213	176	60	0	0	0
15: 00-16: 00	18.95	198	183	60	0	0	0
15: 15-16: 15	20.03	226	197	60	0	0	0
15: 30-16: 30	21.02	171	221	60	0	0	0
15: 45-16: 45	19.46	180	204	60	0	0	0
16: 00-17: 00	18.44	175	205	60	0	0	0
16: 15-17: 15	16.69	138	186	60	0	0	0
16: 30-17: 30	14.97	150	160	60	0	0	0
16: 45-17: 45	14.26	136	169	60	0	0	0
17: 00-18: 00	12.33	126	141	60	0	0	0
17: 15-18: 15	9.52	96	114	60	0	0	0
17: 30-18: 30	6.12	66	87	60	0	0	0
17: 45-18: 45	3.44	43	52	60	0	0	0
18: 00-09: 00	1.79	32	39	60	0	0	0
18: 15-19: 15	1.1	28	30	60	0	0	0
18: 30-19: 30	0.87	22	24	60	0	0	0
18: 45-19: 45	0.63	15	19	60	0	0	0
19*00-20: 00	0.70	16	13	60	0	0	0
19: 15-20: 15	0.69	14	7	60	0	0	0
19: 30-20: 30	0.61	13	7	60	0	0	0
19: 45-20: 45	0.66	14	6	60	0	0	0
20: 00-21: 00	0.64	7	5	60	0	0	0
20: 15-21: 15	0.79	9	8	60	0	0	0
20: 30-21: 30	1.08	9	12	60	0	0	0
20: 45-21: 45	1.03	8	13	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0.79	7	12	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0.48	4	9	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0.19	4	5	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0.15	3	5	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0.19	4	4	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0.16	3	7	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0.29	2	11	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0.55	2	12	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0.80	2	16	60	0	0	0
BUSY HOUR START TIME = 15: 30							
DATE	MENO	ROUTE					
23SET05	5	ROU = 39					
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01: 00-02: 00	0.11	1	4	60	0	0	0
01: 15-02: 15	0.07	1	3	60	0	0	0
01: 30-02: 30	0.07	1	3	60	0	0	0
01: 45-02: 45	0.08	2	5	60	0	0	0
02: 00-03: 00	0.26	2	2	60	0	0	0
02: 15-03: 15	0.51	2	2	60	0	0	0
02: 30-03: 30	0.76	2	2	60	0	0	0
02: 45-03: 45	1.01	1	1	60	0	0	0
03: 00-04: 00	1.02	0	2	60	0	0	0
03: 15-04: 15	1.03	0	3	60	0	0	0
03: 30-04: 30	1.08	0	4	60	0	0	0
03: 45-04: 45	0.86	0	3	60	0	0	0
04: 00-05: 00	0.60	0	2	60	0	0	0
04: 15-05: 15	0.40	0	4	60	0	0	0
04: 30-05: 30	0.16	0	4	60	0	0	0
04: 45-05: 45	0.13	0	5	60	0	0	0
05: 00-06: 00	0.19	0	6	60	0	0	0
05: 15-06: 15	0.12	0	3	60	0	0	0
05: 30-06: 30	0.08	0	2	60	0	0	0
05: 45-06: 45	0.10	1	1	60	0	0	0
06: 00-07: 00	0.09	3	1	60	0	0	0
06: 15-07: 15	0.21	6	2	60	0	0	0
06: 30-07: 30	0.44	10	2	60	0	0	0
06: 45-07: 45	0.40	9	2	60	0	0	0
07: 00-08: 00	0.70	13	10	60	0	0	0
07: 15-08: 15	1.28	17	19	60	0	0	0
07: 30-08: 30	2.65	25	37	60	0	0	0
07: 45-08: 45	4.45	50	71	60	0	0	0
08: 00-09: 00	6.60	111	87	60	0	0	0
08: 15-09: 15	9.28	135	100	60	0	0	0
08: 30-09: 30	12.05	166	127	60	0	0	0
08: 45-09: 45	13.99	182	138	60	0	0	0
09: 00-10: 00	15.27	144	156	60	0	0	0
09: 15-10: 15	15.68	148	183	60	0	0	0
09: 30-10: 30	14.26	137	192	60	0	0	0
09: 45-10: 45	14.39	134	191	60	0	0	0
10: 00-11: 00	15.16	176	180	60	0	0	0
10: 15-11: 15	15.34	195	152	60	0	0	0
10: 30-11: 30	15.51	208	136	60	0	0	0
10: 45-11: 45	15.80	205	157	60	0	0	0
11: 00-12: 00	14.10	162	155	60	0	0	0
11: 15-12: 15	13.19	146	175	60	0	0	0
11: 30-12: 30	12.55	146	161	60	0	0	0
11: 45-12: 45	10.11	128	110	60	0	0	0
12: 00-13: 00	8.51	126	93	60	0	0	0
12: 15-13: 15	6.55	112	67	60	0	0	0
12: 30-13: 30	5.41	76	63	60	0	0	0
12: 45-13: 45	4.78	67	69	60	0	0	0
13: 00-14: 00	5.37	62	86	60	0	0	0

13: 15-14: 15	7. 53	119	113	60	0	0	0
13: 30-14: 30	9. 58	178	149	60	0	0	0
13: 45-14: 45	11. 77	219	171	60	0	0	0
14: 00-15: 00	13. 77	230	180	60	0	0	0
14: 15-15: 15	13. 84	190	175	60	0	0	0
14: 30-15: 30	14. 32	190	160	60	0	0	0
14: 45-15: 45	15. 47	236	171	60	0	0	0
15: 00-16: 00	15. 99	302	165	60	0	0	0
15: 15-16: 15	17. 53	369	173	60	0	0	0
15: 30-16: 30	18. 23	406	174	60	0	0	0
15: 45-16: 45	17. 06	352	161	60	0	0	0
16: 00-17: 00	17. 86	307	173	60	0	0	0
16: 15-17: 15	17. 07	253	171	60	0	0	0
16: 30-17: 30	15. 87	228	151	60	0	0	0
16: 45-17: 45	14. 49	220	142	60	0	0	0
17: 00-18: 00	10. 11	187	108	60	0	0	0
17: 15-18: 15	6. 81	147	76	60	0	0	0
17: 30-18: 30	3. 84	74	62	60	0	0	0
17: 45-18: 45	2. 34	47	36	60	0	0	0
18: 00-19: 00	1. 95	28	31	60	0	0	0
18: 15-19: 15	1. 29	17	23	60	0	0	0
18: 30-19: 30	1. 01	13	18	60	0	0	0
18: 45-19: 45	0. 66	13	13	60	0	0	0
19: 00-20: 00	0. 34	15	10	60	0	0	0
19: 15-20: 15	0. 25	15	7	60	0	0	0
19: 30-20: 30	0. 11	12	4	60	0	0	0
19: 45-20: 45	0. 13	6	7	60	0	0	0
20: 00-21: 00	0. 16	5	8	60	0	0	0
20: 15-21: 15	0. 21	3	11	60	0	0	0
20: 30-21: 30	0. 27	3	13	60	0	0	0
20: 45-21: 45	0. 24	3	11	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0. 17	1	9	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0. 08	0	5	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0. 03	0	4	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0. 06	0	6	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0. 11	1	6	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0. 11	1	6	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0. 35	5	8	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0. 30	5	5	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0. 27	5	4	60	0	0	0
BUSY HOUR START TIME = 15: 30							
DATE	MENO	ROUTE					
24SET05	5	ROU = 39					
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01: 00-02: 00	0. 05	5	1	60	0	0	0
01: 15-02: 15	0. 02	4	0	60	0	0	0
01: 30-02: 30	0. 01	1	0	60	0	0	0
01: 45-02: 45	0. 02	3	2	60	0	0	0
02: 00-03: 00	0. 02	4	2	60	0	0	0
02: 15-03: 15	0. 02	4	2	60	0	0	0
02: 30-03: 30	0. 01	3	2	60	0	0	0
02: 45-03: 45	0. 01	1	1	60	0	0	0
03: 00-04: 00	0. 01	0	1	60	0	0	0
03: 15-04: 15	0. 03	0	2	60	0	0	0
03: 30-04: 30	0. 03	0	2	60	0	0	0
03: 45-04: 45	0. 02	0	1	60	0	0	0
04: 00-05: 00	0. 04	0	3	60	0	0	0
04: 15-05: 15	0. 02	0	3	60	0	0	0
04: 30-05: 30	0. 02	0	3	60	0	0	0
04: 45-05: 45	0. 04	0	5	60	0	0	0
05: 00-06: 00	0. 03	0	4	60	0	0	0
05: 15-06: 15	0. 02	0	3	60	0	0	0
05: 30-06: 30	0. 02	0	3	60	0	0	0
05: 45-06: 45	0. 01	0	1	60	0	0	0
06: 00-07: 00	0. 01	0	1	60	0	0	0
06: 15-07: 15	0. 01	0	1	60	0	0	0
06: 30-07: 30	0. 01	0	1	60	0	0	0
06: 45-07: 45	0. 03	0	3	60	0	0	0
07: 00-08: 00	0. 02	0	2	60	0	0	0
07: 15-08: 15	0. 02	0	2	60	0	0	0
07: 30-08: 30	0. 02	0	2	60	0	0	0
07: 45-08: 45	0. 02	0	4	60	0	0	0
08: 00-09: 00	0. 02	0	4	60	0	0	0
08: 15-09: 15	0. 10	1	7	60	0	0	0
08: 30-09: 30	0. 44	2	9	60	0	0	0
08: 45-09: 45	1. 03	3	7	60	0	0	0
09: 00-10: 00	1. 57	6	12	60	0	0	0
09: 15-10: 15	2. 00	6	9	60	0	0	0
09: 30-10: 30	2. 19	6	10	60	0	0	0
09: 45-10: 45	2. 14	8	8	60	0	0	0
10: 00-11: 00	2. 35	5	3	60	0	0	0
10: 15-11: 15	2. 45	9	9	60	0	0	0
10: 30-11: 30	2. 64	12	9	60	0	0	0
10: 45-11: 45	2. 76	10	9	60	0	0	0
11: 00-12: 00	2. 67	13	11	60	0	0	0
11: 15-12: 15	2. 84	10	9	60	0	0	0
11: 30-12: 30	2. 81	9	15	60	0	0	0

11: 45-12: 45	2. 65	10	15	60	0	0	0
12: 00-13: 00	2. 54	10	18	60	0	0	0
12: 15-13: 15	2. 26	10	18	60	0	0	0
12: 30-13: 30	2. 08	8	9	60	0	0	0
12: 45-13: 45	2. 06	7	9	60	0	0	0
13: 00-14: 00	2. 01	5	4	60	0	0	0
13: 15-14: 15	1. 72	3	3	60	0	0	0
13: 30-14: 30	1. 28	6	4	60	0	0	0
13: 45-14: 45	1. 13	7	11	60	0	0	0
14: 00-15: 00	1. 19	6	15	60	0	0	0
14: 15-15: 15	1. 50	8	15	60	0	0	0
14: 30-15: 30	1. 95	5	17	60	0	0	0
14: 45-15: 45	2. 20	8	16	60	0	0	0
15: 00-16: 00	2. 19	12	13	60	0	0	0
15: 15-16: 15	2. 28	10	11	60	0	0	0
15: 30-16: 30	2. 39	10	10	60	0	0	0
15: 45-16: 45	2. 50	5	5	60	0	0	0
16: 00-17: 00	2. 46	1	4	60	0	0	0
16: 15-17: 15	2. 41	1	6	60	0	0	0
16: 30-17: 30	2. 29	0	5	60	0	0	0
16: 45-17: 45	2. 13	1	5	60	0	0	0
17: 00-18: 00	2. 13	2	7	60	0	0	0
17: 15-18: 15	2. 09	3	7	60	0	0	0
17: 30-18: 30	2. 08	3	6	60	0	0	0
17: 45-18: 45	1. 69	2	5	60	0	0	0
18: 00-19: 00	1. 23	1	7	60	0	0	0
18: 15-19: 15	0. 91	1	4	60	0	0	0
18: 30-19: 30	0. 67	1	6	60	0	0	0
18: 45-19: 45	0. 74	1	6	60	0	0	0
19: 00-20: 00	0. 96	1	5	60	0	0	0
19: 15-20: 15	1. 02	0	9	60	0	0	0
19: 30-20: 30	1. 01	0	7	60	0	0	0
19: 45-20: 45	0. 83	1	8	60	0	0	0
20: 00-21: 00	0. 59	1	7	60	0	0	0
20: 15-21: 15	0. 34	1	4	60	0	0	0
20: 30-21: 30	0. 11	1	7	60	0	0	0
20: 45-21: 45	0. 06	0	7	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0. 17	0	8	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0. 21	0	8	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0. 45	0	6	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0. 70	0	6	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0. 79	0	3	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0. 77	1	2	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0. 65	3	1	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0. 39	3	0	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0. 19	3	1	60	0	0	0
BUSY HOUR START TIME = 11: 15							
DATE	MENO	ROUTE					
25SET05	5	ROU = 39					
TIME	TRAFF	OUTG. CALLS	I NC. CALLS	NDV	NBLO	OFLO	CONG
01: 00-02: 00	0. 01	0	1	60	0	0	0
01: 15-02: 15	0. 01	0	1	60	0	0	0
01: 30-02: 30	0. 01	0	1	60	0	0	0
01: 45-02: 45	0. 01	0	3	60	0	0	0
02: 00-03: 00	0. 01	2	2	60	0	0	0
02: 15-03: 15	0. 01	2	2	60	0	0	0
02: 30-03: 30	0. 01	2	2	60	0	0	0
02: 45-03: 45	0. 06	5	1	60	0	0	0
03: 00-04: 00	0. 04	3	2	60	0	0	0
03: 15-04: 15	0. 09	5	3	60	0	0	0
03: 30-04: 30	0. 11	6	4	60	0	0	0
03: 45-04: 45	0. 07	3	3	60	0	0	0
04: 00-05: 00	0. 08	3	3	60	0	0	0
04: 15-05: 15	0. 05	1	3	60	0	0	0
04: 30-05: 30	0. 02	0	2	60	0	0	0
04: 45-05: 45	0. 03	0	3	60	0	0	0
05: 00-06: 00	0. 03	0	3	60	0	0	0
05: 15-06: 15	0. 02	0	2	60	0	0	0
05: 30-06: 30	0. 02	0	3	60	0	0	0
05: 45-06: 45	0. 01	0	2	60	0	0	0
06: 00-07: 00	0. 00	0	1	60	0	0	0
06: 15-07: 15	0. 00	0	1	60	0	0	0
06: 30-07: 30	0. 00	0	0	60	0	0	0
06: 45-07: 45	0. 00	0	0	60	0	0	0
07: 00-08: 00	0. 00	0	0	60	0	0	0
07: 15-08: 15	0. 00	0	0	60	0	0	0
07: 30-08: 30	0. 00	0	1	60	0	0	0
07: 45-08: 45	0. 00	1	1	60	0	0	0
08: 00-09: 00	0. 01	5	1	60	0	0	0
08: 15-09: 15	0. 01	5	1	60	0	0	0
08: 30-09: 30	0. 01	5	0	60	0	0	0
08: 45-09: 45	0. 05	4	2	60	0	0	0
09: 00-10: 00	0. 05	1	2	60	0	0	0
09: 15-10: 15	0. 05	1	2	60	0	0	0
09: 30-10: 30	0. 07	1	5	60	0	0	0
09: 45-10: 45	0. 10	2	3	60	0	0	0
10: 00-11: 00	0. 09	1	3	60	0	0	0

10: 15-11: 15	0.09	1	3	60	0	0	0
10: 30-11: 30	0.11	4	1	60	0	0	0
10: 45-11: 45	0.10	5	2	60	0	0	0
11: 00-12: 00	0.26	5	3	60	0	0	0
11: 15-12: 15	0.42	8	6	60	0	0	0
11: 30-12: 30	0.38	5	6	60	0	0	0
11: 45-12: 45	0.33	3	6	60	0	0	0
12: 00-13: 00	0.17	3	5	60	0	0	0
12: 15-13: 15	0.06	1	5	60	0	0	0
12: 30-13: 30	0.09	2	6	60	0	0	0
12: 45-13: 45	0.11	4	5	60	0	0	0
13: 00-14: 00	0.14	4	7	60	0	0	0
13: 15-14: 15	0.17	3	7	60	0	0	0
13: 30-14: 30	0.13	2	6	60	0	0	0
13: 45-14: 45	0.13	0	8	60	0	0	0
14: 00-15: 00	0.13	2	8	60	0	0	0
14: 15-15: 15	0.11	3	6	60	0	0	0
14: 30-15: 30	0.34	5	8	60	0	0	0
14: 45-15: 45	0.35	5	10	60	0	0	0
15: 00-16: 00	0.33	3	9	60	0	0	0
15: 15-16: 15	0.31	2	11	60	0	0	0
15: 30-16: 30	0.12	1	10	60	0	0	0
15: 45-16: 45	0.13	5	7	60	0	0	0
16: 00-17: 00	0.13	5	6	60	0	0	0
16: 15-17: 15	0.20	8	5	60	0	0	0
16: 30-17: 30	0.20	7	4	60	0	0	0
16: 45-17: 45	0.17	3	4	60	0	0	0
17: 00-18: 00	0.26	5	4	60	0	0	0
17: 15-18: 15	0.17	2	4	60	0	0	0
17: 30-18: 30	0.12	2	3	60	0	0	0
17: 45-18: 45	0.16	6	2	60	0	0	0
18: 00-19: 00	0.07	4	2	60	0	0	0
18: 15-19: 15	0.09	7	0	60	0	0	0
18: 30-19: 30	0.21	10	0	60	0	0	0
18: 45-19: 45	0.22	7	1	60	0	0	0
19: 00-20: 00	0.26	7	3	60	0	0	0
19: 15-20: 15	0.24	5	6	60	0	0	0
19: 30-20: 30	0.15	4	6	60	0	0	0
19: 45-20: 45	0.32	5	9	60	0	0	0
20: 00-21: 00	0.37	5	8	60	0	0	0
20: 15-21: 15	0.41	5	7	60	0	0	0
20: 30-21: 30	0.40	3	8	60	0	0	0
20: 45-21: 45	0.23	1	6	60	0	0	0
21: 00-22: 00	0.16	1	6	60	0	0	0
21: 15-22: 15	0.10	0	5	60	0	0	0
21: 30-22: 30	0.09	0	4	60	0	0	0
21: 45-22: 45	0.02	0	2	60	0	0	0
22: 00-23: 00	0.12	0	2	60	0	0	0
22: 15-23: 15	0.38	1	1	60	0	0	0
22: 30-23: 30	0.63	1	1	60	0	0	0
22: 45-23: 45	0.73	1	1	60	0	0	0
23: 00-24: 00	0.63	3	1	60	0	0	0

BUSY HOUR START TIME = 22: 45

END

ANEXO B – Tabela Erlang B

Tabela ERLANG B																											
Tronco	PERDAS																										Tronco
N	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	N
1	.0001	.0002	.0003	.0005	.0010	.0020	.0030	.0040	.0050	.0060	.0070	.0081	.0091	.0101	.0121	.0152	.0204	.0309	.0526	.0753	.111	.176	.250	.429	.667	1.00	1
2	.0142	.0202	.0248	.0321	.0458	.0653	.0806	.0937	.105	.116	.126	.135	.144	.153	.168	.190	.223	.282	.381	.470	.595	.796	1.00	1.45	2.00	2.73	2
3	.0868	.110	.127	.152	.194	.249	.289	.321	.349	.374	.397	.418	.437	.455	.489	.535	.602	.715	.899	1.06	1.27	1.60	1.93	2.63	3.48	4.59	3
4	.235	.282	.315	.362	.439	.535	.602	.656	.701	.741	.777	.810	.841	.869	.922	.992	1.09	1.26	1.52	1.75	2.05	2.50	2.95	3.89	5.02	6.50	4
5	.452	.527	.577	.649	.762	.900	.994	1.07	1.13	1.19	1.24	1.28	1.32	1.36	1.43	1.52	1.66	1.88	2.22	2.50	2.88	3.45	4.01	5.19	6.60	8.44	5
6	.728	.832	.900	.996	1.15	1.33	1.45	1.54	1.62	1.69	1.75	1.81	1.86	1.91	2.00	2.11	2.28	2.54	2.96	3.30	3.76	4.44	5.11	6.51	8.19	10.4	6
7	1.05	1.19	1.27	1.39	1.58	1.80	1.95	2.06	2.16	2.24	2.31	2.38	2.44	2.50	2.60	2.74	2.94	3.25	3.74	4.14	4.67	5.46	6.23	7.86	9.80	12.4	7
8	1.42	1.58	1.69	1.83	2.05	2.31	2.48	2.62	2.73	2.83	2.91	2.99	3.06	3.13	3.25	3.40	3.63	3.99	4.54	5.00	5.60	6.50	7.37	9.21	11.4	14.3	8
9	1.83	2.01	2.13	2.30	2.56	2.85	3.05	3.21	3.33	3.44	3.54	3.63	3.71	3.78	3.92	4.09	4.34	4.75	5.37	5.88	6.55	7.55	8.52	10.6	13.0	16.3	9
10	2.26	2.47	2.61	2.80	3.09	3.43	3.65	3.82	3.96	4.08	4.19	4.29	4.38	4.46	4.61	4.81	5.08	5.53	6.22	6.78	7.51	8.62	9.68	12.0	14.7	18.3	10
11	2.72	2.96	3.12	3.33	3.65	4.02	4.27	4.45	4.61	4.74	4.86	4.97	5.07	5.16	5.32	5.54	5.84	6.33	7.08	7.69	8.49	9.69	10.9	13.3	16.3	20.3	11
12	3.21	3.47	3.65	3.88	4.23	4.64	4.90	5.11	5.28	5.43	5.55	5.67	5.78	5.88	6.05	6.29	6.61	7.14	7.95	8.61	9.47	10.8	12.0	14.7	18.0	22.2	12
13	3.71	4.01	4.19	4.45	4.83	5.27	5.56	5.78	5.96	6.12	6.26	6.39	6.50	6.61	6.80	7.05	7.40	7.97	8.83	9.54	10.5	11.9	13.2	16.1	19.6	24.2	13
14	4.24	4.56	4.76	5.03	5.45	5.92	6.23	6.47	6.66	6.83	6.98	7.12	7.24	7.35	7.56	7.82	8.20	8.80	9.73	10.5	11.5	13.0	14.4	17.5	21.2	26.2	14
15	4.78	5.12	5.34	5.63	6.08	6.58	6.91	7.17	7.38	7.56	7.71	7.86	7.99	8.11	8.33	8.61	9.01	9.65	10.6	11.4	12.5	14.1	15.6	18.9	22.9	28.9	15
16	5.34	5.70	5.94	6.25	6.72	7.26	7.61	7.88	8.10	8.29	8.46	8.61	8.75	8.88	9.11	9.41	9.83	10.5	11.5	12.4	13.5	15.2	16.8	20.3	24.5	30.2	16
17	5.91	6.30	6.55	6.88	7.38	7.95	8.32	8.60	8.83	9.03	9.21	9.37	9.52	9.65	9.89	10.2	10.7	11.4	12.5	13.4	14.5	16.3	18.0	21.7	26.2	32.2	17
18	6.50	6.91	7.17	7.52	8.05	8.64	9.03	9.33	9.58	9.79	9.98	10.1	10.3	10.4	10.7	11.0	11.5	12.2	13.4	14.3	15.5	17.4	19.2	23.1	27.8	34.2	18
19	7.09	7.53	7.80	8.17	8.72	9.35	9.76	10.1	10.3	10.6	10.7	10.9	11.1	11.2	11.5	11.8	12.3	13.1	14.3	15.3	16.6	18.5	20.4	24.5	29.5	36.2	19
20	7.70	8.16	8.44	8.83	9.41	10.1	10.5	10.8	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.3	12.7	13.2	14.0	15.2	16.3	17.6	19.6	21.6	25.9	31.2	38.2	20
21	8.32	8.79	9.10	9.50	10.1	10.8	11.2	11.6	11.9	12.1	12.3	12.5	12.7	12.8	13.1	13.5	14.0	14.9	16.2	17.3	18.7	20.8	22.8	27.3	32.8	40.2	21
22	8.95	9.44	9.76	10.2	10.8	11.5	12.0	12.3	12.6	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7	14.0	14.3	14.9	15.8	17.1	18.2	19.7	21.9	24.1	28.7	34.5	42.1	22
23	9.58	10.1	10.4	10.9	11.5	12.3	12.7	13.1	13.4	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.8	15.2	15.8	16.7	18.1	19.2	20.7	23.0	25.3	30.1	36.1	44.1	23
24	10.2	10.8	11.1	11.6	12.2	13.0	13.5	13.9	14.2	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.6	16.0	16.6	17.6	19.0	20.2	21.8	24.2	26.5	31.6	37.8	46.1	24
25	10.9	11.4	11.8	12.3	13.0	13.8	14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.5	16.9	17.5	18.5	20.0	21.2	22.8	25.3	27.7	33.0	39.4	48.1	25
26	11.5	12.1	12.5	13.0	13.7	14.5	15.1	15.5	15.8	16.1	16.3	16.6	16.8	17.0	17.3	17.8	18.4	19.4	20.9	22.2	23.9	26.4	28.9	34.4	41.1	50.1	26
27	12.2	12.8	13.2	13.7	14.4	15.3	15.8	16.3	16.6	16.9	17.2	17.4	17.6	17.8	18.2	18.6	19.3	20.3	21.9	23.2	24.9	27.6	30.2	35.8	42.8	52.1	27
28	12.9	13.5	13.9	14.4	15.2	16.1	16.6	17.1	17.4	17.7	18.0	18.2	18.4	18.6	19.0	19.5	20.2	21.2	22.9	24.2	26.0	28.7	31.4	37.2	44.4	54.1	28
29	13.6	14.2	14.6	15.1	15.9	16.8	17.4	17.9	18.2	18.5	18.8	19.1	19.3	19.5	19.9	20.4	21.0	22.1	23.8	25.2	27.1	29.9	32.6	38.6	46.1	56.1	29
30	14.2	14.9	15.3	15.9	16.7	17.6	18.2	18.7	19.0	19.4	19.6	19.9	20.1	20.3	20.7	21.2	21.9	23.1	24.8	26.2	28.1	31.0	33.8	40.0	47.7	58.1	30
31	14.9	15.6	16.0	16.6	17.4	18.4	19.0	19.5	19.9	20.2	20.5	20.7	21.0	21.2	21.6	22.1	22.8	24.0	25.8	27.2	29.2	32.1	35.1	41.5	49.4	60.1	31
32	15.6	16.3	16.8	17.3	18.2	19.2	19.8	20.3	20.7	21.0	21.3	21.6	21.8	22.0	22.5	23.0	23.7	24.9	26.7	28.2	30.2	33.3	36.3	42.9	51.1	62.1	32
33	16.3	17.0	17.5	18.1	19.0	20.0	20.6	21.1	21.5	21.9	22.2	22.4	22.7	22.9	23.3	23.9	24.6	25.8	27.7	29.3	31.3	34.4	37.5	44.3	52.7	64.1	33
34	17.0	17.8	18.2	18.8	19.7	20.8	21.4	21.9	22.3	22.7	23.0	23.3	23.5	23.8	24.2	24.8	25.5	26.8	28.7	30.3	32.4	35.6	38.8	45.7	54.4	66.1	34
35	17.8	18.5	19.0	19.6	20.5	21.6	22.2	22.7	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.6	25.1	25.6	26.4	27.7	29.7	31.3	33.4	36.7	40.0	47.1	56.0	68.1	35
Tronco	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.5%	2%	3%	5%	7%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	N

ANEXO C – Detalhamento de pacote IP capturado em testes

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
164	8.574463	10.136.97.232	10.136.65.177	RTP	Payload type=ITU-T G.729, SSRC=671162592, Seq=8021, Time=51342

Frame 164 (84 bytes on wire, 84 bytes captured)

Arrival Time: May 23, 2006 13:14:29.111819000
 Time delta from previous packet: 0.000543000 seconds
 Time since reference or first frame: 8.574463000 seconds
 Frame Number: 164
 Packet Length: 84 bytes
 Capture Length: 84 bytes
 Protocols in frame: eth:ip:udp:rtp
 Coloring Rule Name: UDP
 Coloring Rule String: udp

Ethernet II, Src: Ericsson_cf:77:b7 (00:01:ec:cf:77:b7), Dst: Cisco_68:e2:a0 (00:50:73:68:e2:a0)

Destination: Cisco_68:e2:a0 (00:50:73:68:e2:a0)
 Source: Ericsson_cf:77:b7 (00:01:ec:cf:77:b7)
 Type: IP (0x0800)

Internet Protocol, Src: 10.136.97.232 (10.136.97.232), Dst: 10.136.65.177 (10.136.65.177)

Version: 4
 Header length: 20 bytes
 Differentiated Services Field: 0xb8 (DSCP 0x2e: Expedited Forwarding; ECN: 0x00)
 Total Length: 70
 Identification: 0xe17f (57727)
 Flags: 0x00
 Fragment offset: 0
 Time to live: 64
 Protocol: UDP (0x11)
 Header checksum: 0xdfc6 [correct]
 Source: 10.136.97.232 (10.136.97.232)
 Destination: 10.136.65.177 (10.136.65.177)

User Datagram Protocol, Src Port: 18414 (18414), Dst Port: 16534 (16534)

Source port: 18414 (18414)
 Destination port: 16534 (16534)
 Length: 50
 Checksum: 0x0000 (none)

Real-Time Transport Protocol

Stream setup by H245 (frame 75)
 Setup frame: 75
 Setup Method: H245
 10.. = Version: RFC 1889 Version (2)
 ..0. = Padding: False
 ...0 = Extension: False
 0000 = Contributing source identifiers count: 0
 0... = Marker: False
 Payload type: ITU-T G.729 (18)
 Sequence number: 8021
 Timestamp: 51342
 Synchronization Source identifier: 671162592
 Payload: 341B7F3074BE18057AD2F85E16838E4A57C061941502411F...