



**IMPLANTAÇÃO DE VOIP EM UMA PME (PEQUENA/MÉDIA EMPRESA)
VISANDO OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS – ASPECTOS TÉCNICOS E
ECONÔMICOS**

**CURITIBA
2011**



**OLDEMAR MARGRAF FILHO
FABIO DOS SANTOS FREITAS**

**IMPLANTAÇÃO DE VOIP EM UMA PME (PEQUENA/MÉDIA EMPRESA)
VISANDO OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS – ASPECTOS TÉCNICOS E
ECONÔMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Telecomunicações, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Telecomunicações.

Orientador: Profº. José Ricardo Benazzi, Esp.

**CURITIBA
2011**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela nossa vida, saúde e sabedoria.

Ao nosso orientador, professor José Ricardo Benazzi, pela orientação esclarecedora, inteligente e pelo seu incentivo, fazendo com que este trabalho pudesse ser realizado.

Aos nossos familiares, pela compreensão, apoio e carinho durante nossos estudos e empenho.

Aos nossos mestres que dedicaram seu tempo e compartilharam experiências para que nossa formação também fosse um aprendizado de vida, agregando amizade e conhecimento.

FOLHA DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE VOIP EM UMA PME (PEQUENA/MÉDIA EMPRESA) VISANDO OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS – ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Por

OLDEMAR MARGRAF FILHO

FABIO DOS SANTOS FREITAS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TELECOMUNICAÇÕES, DO INSTITUTO
IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR
MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de ____ de ____.

José Ricardo Benazzi, Esp.
Professor Orientador

Marco Aurélio Bonato, Dr.
Professor integrante da banca

Gianfranco Muncinelli, M. Sc.
Professor integrante da banca

RESUMO

Este trabalho aborda os aspectos técnicos e econômicos resultantes da implantação da tecnologia VoIP em uma PME. É feita uma introdução ao transporte de voz através de redes de dados que se utilizam do protocolo IP, abrangendo o âmbito teórico, regulatório e de equipamentos. Em seguida é feito um estudo de caso em uma empresa de médio porte, envolvendo tarifas e custos de aquisição, implantação, configuração e desempenho. Ao final são apresentadas considerações e conclusões sobre os resultados obtidos, além das tendências de utilização e aplicação da tecnologia VoIP.

Palavras - Chave: VoIP, voz sobre IP, avaliação de desempenho, QoS.

ABSTRACT

This paper discusses the technical and economic aspects arising from the deployment of VoIP technology in an SME. It is an introduction to the transport of voice over data networks that use the IP protocol, covering the theoretical framework, regulatory and equipment. Then we study the case in a midsize company, involving fees and costs of acquisition, deployment, configuration and performance will be. At the end are considerations and conclusions on the results and trends in use and application of VoIP technology.

Key- Words: VoIP, voice over IP, performance evaluation, QoS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Esquema para aplicação de Voz sobre IP (HERSENT et al, 2002)	5
Figura 02 - Arquitetura do H.323 (TANENBAUM, 2010)	16
Figura 03 - Pilha de protocolos H.323 (TANENBAUM, 2010)	16
Figura 04 - Exemplo H.323 (FOROUZAN, 2008)	18
Figura 05 - Sessão SIP simples (FOROUZAN, 2008)	20
Figura 06 - Monitorando o receptor (FOROUZAN, 2008)	21
Figura 07 - Escala de atrasos (SOARES e FREIRE, 2002)	27
Figura 08 - Representação básica do ATA ponto-a-ponto (Intelbrás, 2011).....	40
Figura 09 - Exemplo de uso do ATA (Intelbrás, 2011)	41
Figura 10 - Uso do VoIP em chamadas do sistema comutado (Intelbrás, 2011) ..	42
Figura 11 - Solução ponto-a-ponto da Empresa X (Projeto próprio).....	44
Figura 12 - ATA modelo 2210T da Intelbras (Intelbrás, 2011)	46
Figura 13 - Placa de expansão NKM 8320 para PABX Intelbras 68 (Bellfone distribuidora)	46
Figura 14 - Cenário da experiência prática (Implementação própria)	52
Figura 15 - Tela de entrada em programação do ATA (Manual técnico Intelbrás, 2011)	54
Figura 16 - Tela Home capturada no LADO A (Tela obtida na experiência prática)	55
Figura 17 - Tela Home capturada no LADO B (Tela obtida na experiência prática)	56
Figura 18 - Tela VoIP de configuração de usuário LADO A (Tela obtida na experiência prática)	57
Figura 19 - Tela VoIP de configuração de usuário LADO B (Tela obtida na experiência prática)	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Codec (Site Teleco, 2011)	13
Tabela 02 - Mensagens SIP (TANENBAUM, 2010)	19
Tabela 03 - Soma dos atrasos fixos (SOARES e FREIRE, 2002).....	27
Tabela 04 - Requerimento de banda entre redes de circuito e de pacote (SOARES e FREIRE, 2002)	29
Tabela 05 - Custo de implantação (Preços médios praticados no mercado)	50
Tabela 06 - Comparativo custos atuais Vs custos com VoIP	50
Tabela 07 - Comparativo de custos telefonia fixa e telefonia VoIP (Pesquisa Internet dia 22/07/2011)	60

GLOSSÁRIO

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line, linha de Assinante Digital Assimétrica, Internet Banda Larga fornecida pela operadora.

Anatel: Agência Nacional de Telecomunicações, órgão regulamentador brasileiro das Telecomunicações.

ARPA: Advanced Research Projects Agency, Agência de Projetos de Pesquisa Avançada, O objetivo original da agência era manter a superioridade tecnológica dos EUA, e alertar contra possíveis avanços tecnológicos de adversários potenciais.

ASCII: Acrônimo para American Standard Code for Information Interchange, que em português significa "Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação" é uma codificação de caracteres de sete bits baseada no alfabeto inglês.

ATM: Asynchronous Transfer Mode, é uma arquitetura de rede de alta velocidade orientada a conexão e baseada na comutação de células de dados.

Broadcast: Do Inglês, "transmitir" é o processo pelo qual se transmite ou difunde determinada informação, tendo como principal característica que a mesma informação está sendo enviada para muitos receptores ao mesmo tempo.

Browser: Também referenciado como navegador, é um programa de computador que habilita seus usuários a interagirem com documentos virtuais da Internet, também conhecidos como páginas da Web.

Buffer: É uma região de memória temporária, utilizada para escrita e leitura de dados. Os dados podem ser originados de dispositivos (ou processos) externos ou internos ao sistema.

Carriers: Operadoras de Telecomunicações.

Cavalo de Tróia: Em inglês trojan horse, é um malware (programa malicioso) que age de forma similar à lenda histórica, entrando no computador e do cavalo de Troia, entrando no computador e liberando uma porta para uma possível invasão e é fácil de ser enviado, é só clicar no ID do computador e enviar para qualquer outro computador.

Cracker: A expressão originalmente refere-se à invasores de computadores, designando programadores maliciosos e ciberpiratas que agem com o intuito de violar

de forma ilegal ou imoral, sistemas cibernéticos, fazendo mau uso de seus conhecimentos.

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol protocolo de serviço TCP/IP que oferece configuração dinâmica de terminais, com concessão de endereços IP de host e outros parâmetros de configuração para clientes de rede.

DNS: Domain Name System - Sistema de Nomes de Domínios, sistema hierárquico e distribuído de gerenciamento de nomes que opera segundo duas diretrizes: examinar e atualizar seu banco de dados, e resolver nomes de domínios em endereços de rede (IPs).

DSP: Do inglês Digital Signal Processor são microprocessadores especializados em processamento digital de sinal usados para processar sinais de áudio, vídeo, etc., quer em tempo real quer em off-line.

e-commerce: Comércio Eletrônico: Negócios realizados eletronicamente envolvendo entrega de mercadorias ou serviços.

ENUM: Significa em inglês Telephone Number Mapping (Mapeamento de Números de Telefone). Esta abreviação esconde em si uma ótima idéia: ser alcançável em qualquer lugar do mundo com o mesmo número de telefone.

ERP: Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (SIGE ou SIG), em inglês Enterprise Resource Planning, são sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema.

Ethernet: É uma tecnologia de interconexão para redes locais - Rede de Área Local (LAN) - baseada no envio de pacotes. Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, e formato de pacotes e protocolos para a camada de controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC) do modelo OSI.

Frame Relay: tecnologia de comunicação de dados de alta velocidade em que a informação é dividida em frames (quadros), usada em muitas redes ao redor do mundo para interligar aplicações do tipo LAN, SNA, Internet e Voz.

FTP: Significa File Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Arquivos), e é uma forma bastante rápida e versátil de transferir arquivos (também conhecidos como ficheiros), sendo uma das mais usadas na Internet.

Gateway: É uma máquina intermediária geralmente destinada a interligar redes, separar domínios de colisão, ou mesmo traduzir protocolos. Exemplos de gateway podem ser os routers (ou roteadores) e firewalls, já que ambos servem de intermediários entre o utilizador e a rede.

Host: Em informática, host é qualquer máquina ou computador conectado a uma rede. Os hosts variam de computadores pessoais a supercomputadores, dentre outros equipamentos, como roteadores.

HTTP: O Hypertext Transfer Protocol - Protocolo de Transferência de Hipertexto - é um protocolo de comunicação (na camada de aplicação segundo o Modelo OSI) utilizado para sistemas de informação de hipermedia distribuídos e colaborativos. Seu uso para a obtenção de recursos interligados levou ao estabelecimento da World Wide Web.

Hub: Do Inglês, "transmitir" ou concentrador é o processo pelo qual se transmite ou difunde determinada informação, tendo como principal característica que a mesma informação está sendo enviada para muitos receptores ao mesmo tempo. Este termo é utilizado em rádio, telecomunicações e em informática.

ICMP: Sigla para o inglês Internet Control Message Protocol, é um protocolo integrante do Protocolo IP, definido pelo RFC 792, e utilizado para fornecer relatórios de erros à fonte original.

IETF: Sigla em inglês de Internet Engineering Task Force, é uma comunidade internacional ampla e aberta (técnicos, agências, fabricantes, fornecedores, pesquisadores) preocupada com a evolução da arquitetura da Internet e seu perfeito funcionamento.

ISO: International Organization for Standardization, trata-se de uma entidade internacional que designa normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral, qualquer que seja o seu tipo ou dimensão.

ISP: O fornecedor de acesso à Internet (em inglês Internet Service Provider) oferece principalmente serviço de acesso à Internet, agregando a ele outros serviços relacionados, tais como "e-mail", "hospedagem de sites" ou blogs, entre outros.

LAN: Local Área Network, ou rede local, trata-se de uma rede de computadores utilizada na interconexão de equipamentos processadores com a finalidade de troca de dados.

MAN: Rede de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network) nome dado às redes que ocupam o perímetro de uma cidade. São mais rápidas e permitem que empresas com filiais em bairros diferentes se conectem entre si.

OSI: Open Systems Interconnection, Camadas OSI ou Interconexão de Sistemas Abertos. Esta arquitetura é um modelo que divide as redes de computadores em sete camadas, de forma a se obter camadas de abstração. Cada protocolo implementa uma funcionalidade assinalada a uma determinada camada.

PABX: Um PBX (sigla em inglês de Private Branch Exchange ou ainda PABX para Private Automatic Branch Exchange, cujo significado mais fiel seria Central Automática Privada de Comutação) é um equipamento particular de distribuição telefônica pertencente a uma empresa que não inclua como sua atividade o fornecimento de serviços telefônicos ao público em geral.

Power: Energização, ligação, ativação, ato de ligar.

Proxy: É um servidor que atende a requisições repassando os dados do cliente à frente: um usuário (cliente) conecta-se a um servidor Proxy, requisitando algum serviço, como um arquivo, conexão, página web, ou outro recurso disponível noutro servidor.

PSTN: A rede pública de telefonia comutada ou RPTC (do inglês Public Switched Telephone Network) é o termo usado para identificar a rede telefônica mundial comutada por circuitos destinada ao serviço telefônico, sendo administrada pelas operadoras de serviço telefônico. Inicialmente foi projetada como uma rede de linhas fixas e analógicas porém atualmente é digital e inclui também dispositivos móveis como os telefones celulares.

RFC: É um acrônimo para o inglês Request for Comments, é um documento que descreve os padrões de cada protocolo da Internet previamente a serem considerados um padrão.

ROI: Em finanças, retorno sobre investimento (em inglês, Return On Investment), também chamado taxa de retorno (em inglês, rate of return ou ROR), taxa de lucro ou

simplesmente retorno, é a relação entre o dinheiro ganho ou perdido através de um investimento, e o montante de dinheiro investido.

SCTP: Protocolo de transporte definido em 2000 pelo IETF, Signaling Transport (SIGTRAN). O protocolo é definido pela RFC 2960, um texto introdutório é fornecido pela RFC 3286.

SMTP: Simple Mail Transfer Protocol protocolo padrão para envio de e-mails através da Internet.

Spyware: Consiste em um programa automático de computador, que recolhe informações sobre o usuário, sobre os seus costumes na Internet e transmite essa informação a uma entidade externa na Internet, sem o seu conhecimento nem o seu consentimento.

Switch: Um comutador ou switch é um dispositivo utilizado em redes de computadores para reencaminhar módulos (frames) entre os diversos nós.

TCP/IP: É um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede (também chamado de pilha de protocolos TCP/IP).

TDM: Do inglês Time Division Multiplexing - Este tipo de multiplexação, permite transmitir simultaneamente vários sinais, dentro do mesmo espaço físico (meio de transmissão), onde cada sinal (canal de comunicação) possui um tempo próprio e definido de uso da banda para transmissão.

TELNET: Protocolo cliente-servidor usado para permitir a comunicação entre computadores ligados numa rede (exemplos: rede local / LAN, Internet), baseado em TCP.

UDP: O User Datagram Protocol é um protocolo simples da camada de transporte. Ele é descrito na RFC 768 e permite que a aplicação escreva um datagrama encapsulado num pacote IPv4 ou IPv6, e então enviado ao destino. Mas não há qualquer tipo de garantia que o pacote irá chegar ou não.

UIT: A União Internacional de Telecomunicações (UIT ou ITU-T), (em francês: Union internationale des télécommunications; em inglês: International Telecommunications Union-Telecommunications) é uma organização internacional destinada a padronizar e regular as ondas de rádio e telecomunicações internacionais.

Unicast: É um endereçamento para um pacote feito a um único destino, ou seja, em comparação com o multicast, a entrega no *unicast* é simples, ponto-a-ponto.

Unix: É um sistema operativo (ou sistema operacional) portátil (ou portátil), multitarefa e multiutilizador (ou multiusuário) originalmente criado por Ken Thompson, Dennis Ritchie, Douglas McIlroy e Peter Weiner, que trabalhavam nos Laboratórios Bell (Bell Labs) da AT&T.

UPS: Fonte de alimentação ininterrupta, (sigla em inglês de Uninterruptible Power Supply), é um sistema de alimentação secundário de energia elétrica que entra em ação, alimentando os dispositivos a ele ligados, quando há interrupção no fornecimento de energia primária.

URL: De Uniform Resource Locator, em português Localizador-Padrão de Recursos, é o endereço de um recurso (um arquivo, uma impressora etc.), disponível em uma rede; seja a Internet, ou uma rede corporativa, uma intranet. Uma URL tem a seguinte estrutura: protocolo://máquina/caminho/recurso.

WAN: A Wide Area Network, Rede de área alargada ou Rede de longa distância, também conhecida como Rede geograficamente distribuída, é uma rede de computadores que abrange uma grande área geográfica, com frequência um país ou continente. Difere, assim, das PAN, das LAN e das MAN.

Web: A World Wide Web (que em português significa, "Rede de alcance mundial"; também conhecida como Web e WWW) é um sistema de documentos em hipermídia que são interligados e executados na Internet.

X.25: Trata-se de um conjunto de protocolos padronizado pela ITU para redes de longa distância e que usam o sistema telefônico ou RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) como meio de transmissão.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
FOLHA DE APROVAÇÃO	iv
RESUMO.....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	vi
LISTA DE TABELAS	vii
GLOSSÁRIO	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 ASPECTOS TÉCNICOS	4
2.1.1 Tecnologia VoIP	4
2.1.2 Estrutura da Arquitetura TCP/IP	6
2.1.2.1 Camada de Aplicação	7
2.1.2.2 Camada de Transporte	8
2.1.2.3 Camada de Rede.....	10
2.1.2.4 Camada Física	11
2.1.3 Digitalização da Voz	11
2.1.4 Softswitch	14
2.1.5 Protocolos Utilizados na Técnica VoIP.....	15
2.1.5.1 Recomendação H.323 ITU-T.....	15
2.1.5.1.1 Protocolos da Recomendação H.323.....	16
2.1.5.1.2 Operação H.323.....	17
2.1.5.2 Protocolo SIP	18
2.1.5.2.1 Estabelecimento de Uma Sessão.....	20
2.1.5.2.2 Servidor Proxy	20
2.1.5.2.3 Comparações entre H.323 e SIP	21
2.1.5.3 Protocolos de Tempo Real RTP E RTCP.....	22

2.1.6 Qualidade de Serviço (QoS)	23
2.1.6.1 Jitter ou Atraso	25
2.1.6.2 Perdas de Pacotes	28
2.1.6.3 Gerenciamento e Reserva de Banda.....	29
2.1.6.4 Protocolo RSVP	30
2.1.6.5 Disponibilidade	30
2.1.6.6 Segurança.....	31
2.1.6.7 Ameaças.....	32
2.1.6.8 Confiabilidade.....	34
2.1.6.9 SLA	34
2.2 ASPECTOS REGULATÓRIOS	35
2.2.1 Artigo 60 da LGT	36
2.2.2 Artigo 61 da LGT	37
2.2.3 Utilização da Tecnologia VoIP	37
2.3 DISPOSITIVOS E EQUIPAMENTOS	38
2.3.1 ATA	38
2.3.2 Softphone.....	39
2.3.3 IPphone.....	39
3 ESTUDO DE CASO	40
3.1 CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO DO ATA PONTO-A-PONTO.....	40
3.2 EMPRESA X.....	43
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONFIGURAÇÃO	51
3.3.1 Especificações Técnicas do ATA 2210T	52
3.3.2 Roteiro da Instalação.....	53
3.3.3 Configuração do ATA.....	54
4 ANÁLISE..	59
4.1 AVALIAÇÃO PERCEBIDA DE DESEMPENHO	59
4.2 COMPARATIVOS DE CUSTOS STFC x VoIP.....	60
5 CONSIDERAÇÕES.....	62
6 CONCLUSÃO.....	64
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

O Serviço de Telefonia Pública Comutada faz uso de uma rede telefônica que foi desenvolvida e projetada para tráfego de voz, de forma a conectar aparelhos telefônicos de forma automática, sendo uma evolução dos sistemas controlados manualmente por operadoras, até os sistemas computadorizados mais modernos de abrangência mundial.

A partir dos anos 60 com o aprimoramento das redes computacionais e a digitalização das informações, começaram a surgir redes que eram capazes de trocar arquivos em comum, realizando o que era tratado como “processamento de dados” originando as assim conhecidas como “redes de dados”. Estas redes davam prioridade à integridade dos dados apresentando características de lentidão de transmissão, mas com confiabilidade quase que absoluta. Essas redes comutavam pacotes controlados por protocolos especiais que também evoluíram, sendo o mais popular utilizado atualmente, o TCP/IP, devido à sua utilização na Internet. Em paralelo a esse cenário, existiam redes de difusão, ou a cabo, explorando serviços de rádio e televisão. Cada uma dessas redes foi projetada para aplicações específicas, encontrando dificuldades para permitir outro tipo de aplicação.

Com o grande desenvolvimento da tecnologia digital, começou a ser questionada a necessidade de se ter estruturas independentes de transmissão, uma para dados e outra para voz, sendo que é possível transmitir dados sobre a rede de voz. Por que uma empresa teria que continuar tendo sua rede de telefonia separada de sua rede de dados sendo, que as duas estruturas são capazes de transitar pelo mesmo meio físico? Em decorrência desse questionamento começou a ser desenvolvida em 1995 pela Vocaltec. Inc a tecnologia VoIP (LEITE, 2007).

A evolução dos equipamentos e sistemas para o processamento cada vez mais rápido e maior armazenamento, com tratamento das informações em conjunto com o desenvolvimento das telecomunicações, motivou o conceito das redes de serviços integrados, dando origem às redes convergentes multimídia, onde a integração dos recursos resulta na redução para uma única conexão de rede, capaz de prover todos os

serviços de telecomunicações, como tráfego de voz, dados, vídeo, rádio e televisão. Originariamente, uma conversa telefônica é convertida em sinais eletrônicos que atravessam uma elaborada rede de comutadores, em um circuito dedicado que fica comprometido durante todo o tempo da chamada. No VoIP, uma conversa é convertida em pacotes de dados que circulam em toda a Internet ou redes privadas, assim como e-mails ou páginas Web, dando certa prioridade aos pacotes de voz sobre os pacotes de dados. Os pacotes são remontados e se convertem novamente em som do outro lado da chamada. Esse novo conceito permite a redução dos custos de instalação, de manutenção e de gerência de redes paralelas, cada uma, dedicada ao suporte de um único serviço, necessitando assim de equipamentos, técnicas e de recursos humanos específicos (SILVA, 2003).

Para Silva (2000), desde sua origem, o protocolo IP foi desenvolvido e implementado como um protocolo de comunicação com controle de tráfego utilizando a regra do melhor esforço (Best-effort Service ou Lack of QoS), que não provê nenhum mecanismo de qualidade de serviços e, conseqüentemente, nenhuma garantia de alocação de recursos da rede. Na época, ninguém imaginava que a Internet se tornaria a grande rede mundial que é atualmente. E, desse rápido crescimento da Internet, a tendência atual é a integração de voz (telefonia) e dados numa única infraestrutura de redes de pacotes, a rede IP.

1.1 OBJETIVO GERAL

Verificar na prática a qualidade e as vantagens no uso da tecnologia VoIP ponto-a-ponto, utilizando um ATA dentro do ambiente internet.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar uma determinada empresa como referência de PME (pequena/média empresa) para implantar VoIP;
- Realizar uma instalação de ATA ponto-a-ponto e analisar as possibilidades de configurações e alocação de equipamentos envolvidos;

- Observar a qualidade de voz que o uso do VoIP proporciona na comunicação;
- Analisar os custos de implantação e manutenção do sistema;
- Apresentar conclusões com base em dados teóricos e práticos adquiridos;

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo consistiu no levantamento de dados através de uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto utilizando-se de livros técnicos, além da consulta de sites de fabricantes, operadoras, órgãos reguladores e universidades.

Dos artigos científicos identificados, foram lidos e selecionados aqueles coerentes ao tema em análise. Devido às implicações para o objetivo da pesquisa, e visando o aprofundamento da temática, também foram utilizadas leituras adicionais de artigos em revistas especializadas.

Ao final foi realizado um projeto prático para o desenvolvimento de um sistema VoIP que possa ser utilizado por uma empresa de pequeno ou médio porte visando a otimização de recursos e redução de custos. Através do sistema ponto-a-ponto foram ligados dois equipamentos ATA para realização de testes, com o objetivo de constatar a viabilidade de utilização da tecnologia VoIP, consolidando este trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

VoIP é o acrônimo de Voice over Internet Protocol, que literalmente traduz a entrega da voz sobre o Protocolo Internet, o qual originalmente foi concebido para entrega de dados. Este termo é utilizado para definir parâmetros de configurações que permitem o gerenciamento da entrega de comunicação de voz com uso do protocolo Internet.

2.1 ASPECTOS TÉCNICOS

2.1.1 Tecnologia VoIP

O VoIP pode ser definido como sendo a tecnologia capaz de encapsular a voz digitalmente em pequenos pacotes de comunicação que irão trafegar em estruturas de transmissão digital de redes baseadas em IP, ao invés dos tradicionais protocolos dos circuitos comutados presentes em sistemas de Public Switched Telephone Network - PSTN, redes públicas das operadoras de telefonia outorgadas por órgão competente, com uma qualidade de serviço e uma relação custo benefício muito maior. A idéia é usar a rede Internet como uma rede telefônica com alguns recursos adicionais, onde dois participantes comutam pacotes de voz.

Segundo Hersent et al (2002), para que seja possível transmitir a voz sobre uma rede IP, que é uma rede digital, é necessário digitalizar a voz, que é analógica, fragmentá-la em pacotes, transmitir estes dados para o local desejado e então reconvertê-los outra vez em voz. Para a realização deste processo, diversas etapas são executadas. Inicialmente é necessário primeiro gravar a voz em pequenos trechos. Depois essa gravação é digitalizada. Nesse ponto é necessário fazer a escolha do codificador de voz (CODEC – Codificador Decodificador) em função da qualidade de voz desejada, e/ou da largura de banda, e/ou do poder de processamento disponíveis. Depois que o pequeno trecho de voz, em geral 20ms está digitalizado, é encaminhado para a transmissão na rede, utilizando-se para isso protocolos de rede que serão abordados nos capítulos subseqüentes.

O pequeno fragmento de voz, de apenas alguns bytes, é disponibilizado para ser encaminhado ao destino através de uma rede IP. Ao final, o pacote de dados contendo a voz digitalizada chega ao destino, e a voz é reconstituída por decodificador similar e compatível ao codificador da ponta distante. Esse pequeno fragmento de voz precisa ser reproduzido no ponto exato para “emendar” com o fragmento anterior. Devido às características inerentes das redes IP, o pacote contendo a voz sofre atrasos variados na rede. Para melhorar a qualidade, é implementado o Buffer (memória temporária) de jitter (abordado com mais detalhes no capítulo 2.1.6.1), o qual memoriza os pacotes por alguns instantes, para encaminhá-los no momento certo ao decodificador.

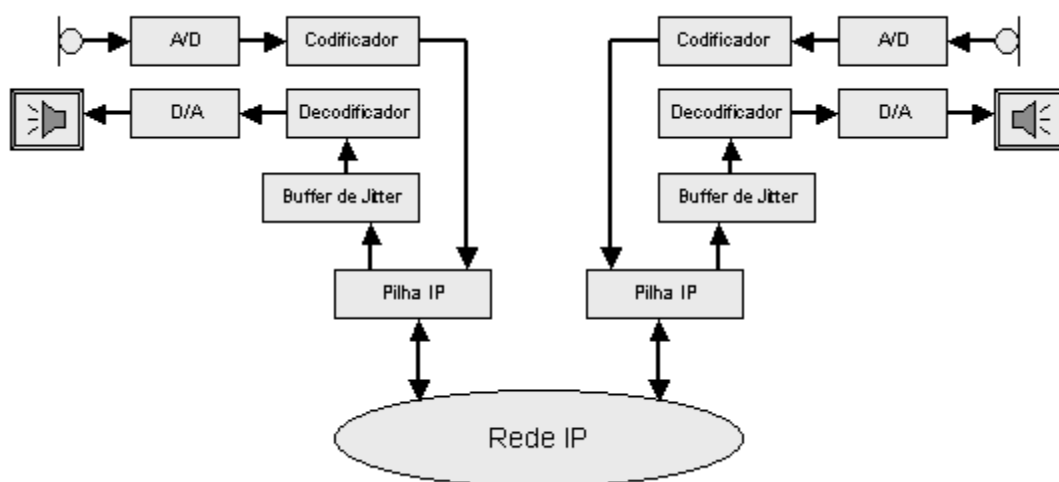


Figura 01 - Esquema para aplicação de Voz sobre IP (HERSENT et al, 2002).

Além dos protocolos de rede naturalmente utilizados para transporte, controle, e encaminhamentos em redes IP, foram projetados dois protocolos específicos para estabelecimento e gerenciamento das chamadas telefônicas: H323 e SIP, que serão analisados nos capítulos 2.1.5.1 e 2.1.5.2.

Nos últimos anos, o avanço das pesquisas, principalmente no setor da informática e das telecomunicações, e a tendência de convergência dos dois setores, tem levado a transformações que podem gerar uma grande reestruturação dos mesmos e de setores ligados a eles. É o caso da tecnologia VoIP, que é um conjunto de tecnologias que utiliza a internet ou redes IP para a comunicação de voz, substituindo ou complementando os sistemas de telefonia convencionais. A telefonia IP é uma

modalidade de VoIP, em que o serviço fornecido apresenta qualidade e funcionalidade equivalentes aos serviços telefônicos convencionais, podendo se comunicar sem ônus tarifário com os demais computadores, ou pagando pequenas taxas para comunicar-se por telefones convencionais (MELO e CÁRIO, 2008).

Entre as principais vantagens tem-se: a redução no custo da chamada, pois a voz é transformada em pacotes e transmitida como pacote de dados; a unificação das redes de telefonia e internet, contribuiu para a redução de custos e otimização de utilização; a independência de operadoras, uma vez que o serviço é disponibilizado mediante acesso via banda larga; mobilidade do serviço, isto é, basta à conexão com a internet para acessar o serviço; e, por último, a flexibilidade para fornecer novos produtos, como videoconferência e soluções de *e-commerce*. Entre as desvantagens tem-se: a dependência do provedor de internet para a continuidade do serviço; a questão de segurança, já que a tecnologia ainda não aceita criptografia para garantir a segurança na transmissão de dados; a qualidade das ligações tem relação com a configuração da rede, que, se mal dimensionada, pode ocasionar problemas de eco, atraso e perda de pacotes; a regulamentação praticamente inexistente, visto que, na análise do órgão regulador do setor, a Anatel, a tecnologia ainda não atingiu participação de mercado suficiente para exigir regulação; e, por fim, a falta de integração dos equipamentos, pois os protocolos utilizados pela tecnologia não são atestados por órgãos internacionais reguladores, de modo que cada fornecedor desenvolva equipamentos com protocolos distintos (MELO e CÁRIO, 2008).

2.1.2 Estrutura da Arquitetura TCP/IP

O conjunto de protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) é a evolução do protocolo NCP (Network Control Protocol) criado em 1969 pela agência norte americana ARPA, que desenvolveu a rede ARPANET, que foi a primeira rede de comutação de pacotes, precursora da internet. Trata-se de uma arquitetura de rede simples e disseminada entre computadores que está presente em quase todos os sistemas operacionais de rede e é utilizado por várias empresas em uma variedade de aplicações.

O termo TCP/IP geralmente se refere a tudo que é relacionado com os protocolos TCP e IP. Mas, também pode incluir outros protocolos, aplicações e meio físico de rede, como exemplos de protocolos: UDP, ICMP, ERP; exemplos de aplicações: TELNET, FTP e HTTP. Os computadores são dispositivos que podem executar vários processos simultaneamente. O objetivo da comunicação na internet é que um processo se comunique com outro. Por exemplo, o computador A pode se comunicar com o computador C usando TELNET. Ao mesmo tempo, o computador A se comunica com o computador B usando o FTP (Protocolo de Transferência de Arquivos). Para que esses processos ocorram simultaneamente, a arquitetura TCP/IP usa um método de rotulação desses processos, chamado de endereço de portas, atribuindo um endereço de 16 bits de comprimento, que vai encaminhar os dados permitindo que os dados viajem da sua origem até o host de destino.

A Internet é uma rede pública de comunicação de dados, que utiliza a arquitetura TCP/IP como base para a estrutura de comunicação e seus serviços de rede. O protocolo IP cuida do endereçamento, enquanto o TCP cuida da transmissão dos dados e correção de erros. Essa arquitetura divide-se em quatro camadas: aplicação, transporte, rede e física. A seguir são apresentadas as principais funções de cada uma das respectivas camadas.

2.1.2.1 Camada de Aplicação

Basicamente, as funções da camada de aplicação são aquelas necessárias à adaptação dos processos de aplicação ao ambiente de comunicação. A camada de aplicação é estruturada modularmente para permitir a flexibilidade das funções e de forma, para se determinar os requisitos de comunicação de cada aplicação distribuída. A camada de aplicação deve seguir o descrito na norma ISO 9545. Ela é formada por várias ASE (Elemento de Serviço de Aplicação, que define uma função que ajuda na realização de uma aplicação), que são os componentes básicos das AE (Entidade de Aplicação).

Um processo de aplicação pode utilizar diversas AE, cada uma das quais provendo um conjunto de definições de cada uma das funções e das regras que

governam o uso destas funções. Na camada de aplicação está presente a voz, comprimida de acordo com o codec utilizado. Citamos como exemplo o G.729, G.723 e G.711.

O elemento essencial para uma transição para a telefonia VoIP é o ENUM. ENUM é uma infraestrutura de aplicação apropriada, dentro do domínio.arpa previamente estabelecido. ENUM é considerado apropriado como uma infraestrutura de aplicação em virtude de oferecer uma série de diretórios de fontes baseados em DNS, referenciados por número de telefone, para uso por vários clientes de aplicação habilitados por ENUM (tais como telefones, servidores SIP e sistemas de mensagem de voz). Apesar de já existir um padrão definido pelo IETF (RFC 3761) e defendido pela UIT, o ENUM, unindo o formato de endereçamento dos dois mundos (Internet e Telefonia) até em seu formato e164.arpa (padrão TDM e arpa), cria um endereço relacionando um número telefônico tradicional a um endereço SIP (que contém o domínio internet do provedor).

SIP (Session Initiation Protocol) – Protocolo já consagrado na camada de aplicação VoIP, nível de interconexão para Peering (troca de tráfego entre redes independentes, por empresas diferentes) entre operadoras ou para conexão a PBX corporativos.

Cliente e Servidor podem ser interpretados conforme o modelo computacional. A cada momento um cliente pode enviar requisições de dados para algum dos servidores conectados e aguardar a resposta. Na sequência, uns destes servidores disponíveis podem aceitar tal requisição, processá-la, retornar o resultado para o cliente. O mecanismo de endereçamento da camada de aplicação não utiliza necessariamente uma combinação de números ou representação numérica, podendo ser uma forma textual como exemplo: `http://fabio.freitas.net`

2.1.2.2 Camada de Transporte

O TCP/IP é um protocolo de comunicação de dados projetado para aplicações não sensíveis ao atraso, como exemplo: e-mail, web, entre outros. Os protocolos da

camada de transporte TCP/IP não são adequados para aplicações de voz em tempo real, porque utiliza o mecanismo de recuperação dos dados perdidos por retransmissão. Sendo assim, se um pacote se perder, a liberação dos dados para a aplicação deve esperar por todas as retransmissões o que levaria a atrasos intoleráveis. Já o protocolo UDP não tem esse problema, pois seu serviço é em datagrama. Mas tem como desvantagem o fato de não ser confiável (SITOLINO e ROCHOL, 2001).

O nível de rede não garante necessariamente que um pacote chegue com êxito ao seu destino. Pacotes podem ser perdidos no meio do caminho, sendo esta uma característica dos protocolos de níveis de rede que oferecem serviços não confiáveis como o IP. Além da garantia de não entrega, também não há uma garantia da sequência dos dados (pacotes) que estão sendo transmitidos, tanto parcial quanto total. Esses pacotes podem chegar ao seu destino totalmente distorcidos, ou fora de sequência. Porém, o principal objetivo da camada de transporte é o controle de erros e o controle de fluxo fim-a-fim na rede.

A camada de transporte é uma das camadas no Modelo TCP/IP, responsável por receber os dados enviados pela camada de aplicação e dividi-los em pacotes que serão transmitidos pela rede, e repassá-los para a camada de rede. No receptor, a camada de transporte é responsável por receber os pacotes recebidos da camada de rede, e remontar o dado original para enviá-lo à camada de aplicação.

A camada de transporte fornece à camada de aplicação serviços para estabelecer a comunicação entre as entidades dos protocolos de aplicação que desejam se comunicar nos sistemas finais. Existem dois protocolos: o TCP que é orientado a conexões e o UDP não orientado a conexões.

A camada de transporte é a parte central de toda a hierarquia de protocolos. Sua tarefa é prover o transporte econômico e confiável de dados, independente da rede física ou das redes atualmente em uso. Isso inclui controle de fluxo, ordenação dos pacotes e correção de erros, tipicamente enviando para o transmissor uma informação de recebimento (ack), informando que o pacote foi recebido com sucesso.

2.1.2.3 Camada de Rede

Segundo Forouzan (2008), é necessário um endereço lógico universal no qual cada host possa ser identificado de forma exclusiva, independentemente da rede física. Atualmente na internet esses endereços lógicos, ou número IP (Internet Protocol) propriamente dito, possuem 32 bits, ou quatro bytes, variando de 0 (zero) a 254 ou de 00000000 a 11111111 em base binária. Normalmente é escrito com quatro números decimais, onde cada número representa um byte. Os números são separados por pontos. A seguir está um exemplo de tal endereço: 132.24.75.9.

Ainda segundo Forouzan (2008), o IP tornou-se o protocolo oficial da internet em 1983, e à medida que a internet evoluiu, o IP também se desenvolveu, existindo seis versões desde sua aparição. A maioria das redes na internet ainda está usando a quarta versão, de 32 bits, ou IPv4. Porém, a sexta nova versão conhecida como IPv6 ou IPng (Next Generation - Nova Geração), utiliza-se de 128 bits ou 16 bytes, podendo acomodar um número bem maior de usuários, permitindo ainda maior flexibilidade para futuras adições de recursos.

O protocolo IP pelo qual é efetuado o transporte de dados de voz, não possui, entretanto, nenhum compromisso algum com qualidade de serviço e é, portanto não confiável. Este é considerado um protocolo que provê apenas um serviço de melhor esforço, no qual os recursos disponibilizados pela rede são distribuídos de forma igualitária, não havendo distinção alguma entre os pacotes. Isso significa que há uma probabilidade do serviço ser de péssima qualidade, o que não seria muito interessante (LAMAS, 2005). O termo melhor esforço significa que o protocolo IP simplesmente tenta fazer com que o pacote transmitido chegue ao seu destino, mas sem garantir que tal realmente aconteça nas condições exigidas pela aplicação.

A camada de rede ou inter-redes é o que une os protocolos de camadas superiores com as tecnologias de transmissão das camadas inferiores. Ela permite que os sistemas injetem pacotes na rede, e os transmite a seu destino independentemente do tipo de rede que existe abaixo dela. Quem faz esse trabalho é o protocolo IP. A camada interface de rede apenas engloba as tecnologias de rede que podem ser utilizadas pelo protocolo IP para transmitir pacotes.

2.1.2.4 Camada Física

A camada física ou camada de interface de rede também é chamada camada de abstração de hardware, tem como função principal a interface do modelo TCP/IP com os diversos tipos de redes (X.25, ATM, Ethernet, Frame Relay, etc.) e transmitir os datagramas pelo meio físico, sinais físicos, tem a função de encontrar o caminho mais curto e confiável. Como há uma grande variedade de tecnologias de rede, que utilizam diferentes velocidades, protocolos, meios transmissão, etc., esta camada não é normatizada pelo modelo, o que provê uma das grandes virtudes do modelo TCP/IP: a possibilidade de interconexão e interoperação de redes heterogêneas. Esta camada lida com os meios de comunicação corresponde ao nível de hardware, ou meio físico, que trata dos sinais eletrônicos, conector, pinagem, níveis de tensão, dimensões físicas, características mecânicas e elétricas etc. Os protocolos da camada física enviam e recebem dados em forma de pacotes, que contém um endereço de origem, os dados propriamente ditos e um endereço para a entrega do pacote de dados. É responsável pelo endereçamento e tradução de nomes e endereços lógicos em endereços físicos. Ela determina a rota que os dados seguirão do computador de origem até o de destino.

2.1.3 Digitalização da Voz

Como a voz é uma informação analógica, ela deve ser transformada em sinal digital para poder ser manipulada em uma rede de dados (pacotes). Essa transformação é denominada codificação, e é realizada por dispositivos chamados Codec, que é o acrônimo de Codificador e Decodificador. O codificador converte o sinal analógico de áudio em sinal digital, e o decodificador reconverte esse sinal digital em sinal de áudio similar ao sinal original.

O Codec analisa o espectro de frequência de uma amostra do sinal de voz, e retira parâmetros que serão percebidos e entendidos na reprodução da mesma.

A qualidade do sinal de áudio reconstituído depende da complexidade do sinal e da eficiência do Codec utilizado.

Existe Codec para Áudio e para Vídeo. Neste trabalho são indicados determinados Codec de áudio, particularmente aqueles que são mais usados na transmissão de voz sobre redes de pacotes.

Na telefonia comutada convencional, o sinal de voz usa uma banda de 4kHz, e é digitalizado com uma amostragem de 8000 amostras/s para ser recuperado quase que integralmente (princípio de Nyquist). Como cada amostra é representada por um byte (8 bits, codificados em 256 níveis), cada canal necessita portanto, de uma banda de 64kbit/s (8000 amostras X 8 bits). Esta forma de codificação atende a recomendação G.711 da ITU-T, chamada de Modulação por Código de Pulso (PCM).

Na telefonia VoIP, onde a demanda por banda é crítica, pois está diretamente relacionada com a qualidade, tornam-se necessários Codec que utilizem-se de algoritmos que melhor economizem essa banda.

Segundo Soares e Freire (2002), pode-se então dizer que o algoritmo de compressão é o principal fator da qualidade de reprodução da voz. Este algoritmo é executado pelo microprocessador DSP, cuja capacidade de processamento tem sofrido significativos avanços.

Na Tabela 01 são apresentados exemplos de Codec para digitalização e compressão da voz com algumas características relevantes, segundo definições do ITU-T.

RecomendaçãoITU-T	Algoritmo	Bit rate (kbit/s)	Atraso típico fim-a-fim (ms)	Qualidade de Voz
G.711	PCM (Modulação)	48; 56; 64	<<1	Excelente
G.722	Sub-Banda ADPCM	48; 56; 64	<<2	Boa
G.723.1	ACELPMP-MLQ	5, 36, 3	67-97	Razoável, Boa
G.726	ADPCM	16; 24; 32; 40	60	Boa, Razoável
G.727	AEDPCM	16; 24; 32; 40	60	Boa, Razoável
G.728	LD-CELP	16	<<2	Boa
G.729	CS-ACELP	8	25-35	Boa
G.729 Anexo A	CS-ACELP	8	25-35	Boa

Tabela 01 – Codec (Site Teleco, 2011).

A utilização do Codec G.729A tem uma taxa de 8000 bits por segundo e é o Codec mais usado em VoIP. Trata-se de um equilíbrio entre qualidade de áudio e eficiência de banda larga. O CS-ACELP (predição linear por excitação com código algébrico) cria uma regra na transmissão, que basicamente pode ser resumida em: “se ninguém está falando, não envie dado algum”, o que consiste em um dos fatores de redução da banda. A eficiência gerada por estas regras é um dos motivos pelos quais a comutação de pacotes se apresenta como superior à comutação de circuitos.

Existem diversas técnicas de compressão usando diferentes algoritmos para diferentes tipos de informação (dados, voz, imagem). Como o presente trabalho trata especificamente de voz, serão citados determinados fatores que são manipulados com o intuito de redução de banda, filtrando informações desnecessárias em diálogos entre interlocutores. São eles: Técnicas de supressão de silêncio; Técnica de remoção de sons repetitivos da fala humana; Algoritmos e padrões de compressão. As duas principais medidas de reprodução da voz que terão que ser sempre observadas em qualquer padrão utilizado são: Inteligibilidade, ou seja, palavras bem entendidas e naturabilidade, que pode ser entendida como tom natural de uma conversa (SOARES e

FREIRE, 2002). O padrão de referencia é o da qualidade proporcionada pela telefonia publica convencional.

2.1.4 Softswitch

Como foi abordado, um Codec trabalha com um determinado algoritmo para converter e classificar as amostras de voz, mas é necessário saber para onde enviar os dados. Em VoIP, essa tarefa é feita pelo Softswitch, um programa especializado de mapeamento de banco de dados de usuários e números telefônicos.

O NANP (North American Numbering Plan) é um padrão de plano de numeração que faz um redirecionamento da chamada a partir do número digitado no aparelho telefônico. Por exemplo, tem-se o endereço: (313) 555-1212. Neste caso, os switches sabem que devem usar "313" para direcionar a ligação para a região estipulada pelo código de área. O prefixo "555" envia a ligação para uma central telefônica e a rede direciona a chamada usando os quatro últimos dígitos, que estão associados a um telefone específico. O desafio do VoIP é que as redes com base IP não lêem números telefônicos em NANP. Elas precisam de endereços IP.

Endereços IP correspondem a um lugar específico na rede, podendo ser um computador, um roteador, um switch, uma porta de comunicação ou, neste caso, um telefone. Contudo esses números nem sempre são estáticos, e geralmente são atribuídos por servidor DHCP, e mudam a cada nova conexão. O Softswitch faz então um mapeamento do endereço NAMP dos seus usuários, que também são chamados de endpoints (homem e máquina), relacionando-os com seus respectivos endereços IP. Pode-se então concluir então que um Softswitch conecta endpoints.

Os Softswitches sabem:

- Onde o endpoint está na rede;
- Que número de telefone está associado a este endpoint;
- O endereço IP atualmente associado a este endpoint;

Quando uma chamada é feita usando VoIP, um pedido é enviado ao Softswitch perguntando qual endpoint está associado com o número discado e qual é o endereço IP atual deste endpoint. Se ele não tem a informação que precisa, envia o pedido para outros Softswitches até descobrir um que atenda ao pedido. Localizado o usuário, ele envia para o ATA, softphone ou IPphone todas as informações, permitindo a troca de dados entre os dois endpoints.

Os Softswitches se utilizam de chips de dados das máquinas para comunicarem-se, e estas se “entendem” através dos protocolos de comunicação.

2.1.5 Protocolos Utilizados na Técnica VoIP

Vê-se que de uma rede de dados há uma diversidade de equipamentos, como Gateways, roteadores, interfaces de usuário VoIP usando ATA ou Softfone, Codec manipulando amostras de voz, Softswitches registrando usuários e mapeando chamadas. Para que tudo isso funcione com eficiência, temos a ação de mecanismos chamados de protocolos. De uma forma geral, eles definem caminhos de interligação fim-a-fim, podem incluir especificações para Codec de áudio, fazem reserva de recursos de rede, gerenciam e controlam chamadas telefônicas pela Internet, entre outras funcionalidades. Os protocolos mais utilizados para ligações VoIP são o H.323 e o SIP.

2.1.5.1 Recomendação H.323 ITU-T

O H.323 é um padrão especificado pela ITU-T em 1995 (HERSENT et al, 2002) para permitir que telefones da rede telefônica pública se comuniquem com computadores (chamados de terminais no padrão H.323) conectados à Internet. Um Gateway conecta a Internet na rede telefônica. O gateway é um dispositivo de cinco camadas, que tem a facilidade de fazer a conversão de uma mensagem da rede telefônica para uma mensagem da Internet. O gatekeeper na rede local desempenha a função de servidor registrador, onde a qualquer momento cada terminal é registrado,

informando seu endereço IP, mesmo não tendo um IP fixo (caso esteja sendo usado o DHCP).

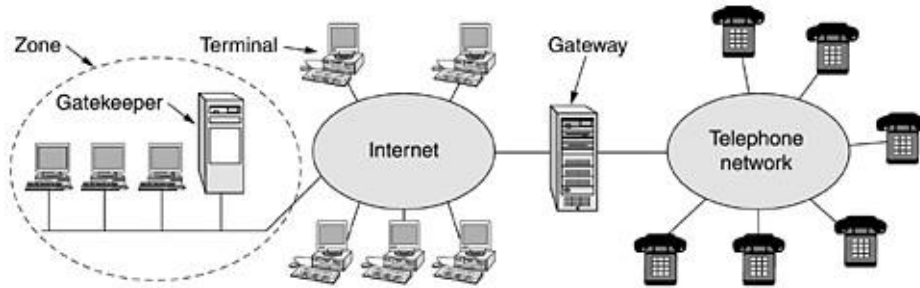


Figura 02 - Arquitetura do H.323 (TANENBAUM, 2010).

2.1.5.1.1 Protocolos da Recomendação H.323

O H.323 usa vários protocolos para estabelecer e manter a comunicação por voz (ou vídeo, para o caso de vídeo conferência). Esses protocolos são apresentados na Figura 03.

Voz		Controle			
G.7xx	RTCP	H.225 (RAS)	Q.931	H.245	
RTP			(Sinalização de chamadas)	(Controle de chamadas)	
UDP			TCP		
IP					
Protocolo de enlace de dados					
Protocolo da camada física					

Figura 03 - Pilha de protocolos H.323 (TANENBAUM, 2010).

O protocolo H.323 utiliza Codec padronizado pelo ITU-T (Recomendação G) para compactação da voz, assumindo diferentes compromissos entre qualidade e largura de banda, com um algoritmo de compactação reduzindo para uma taxa de saída de 6,4 kbps ou 5,3 kbps (fatores de compactação de 10 e 12), com pequena perda na qualidade percebida (TANENBAUM, 2010).

Para controle das demandas, é utilizado o protocolo H.245 que negocia o método de compactação, e taxa de bits. O protocolo Q.931 é usado para estabelecer e

encerrar conexões, fornecer tons de discagem, gerar sons de chamada e o restante da telefonia convencional.

Para comunicações dos terminais com o gatekeeper, é usado um protocolo chamado H.225 ou RAS (Registration/Administration/Status), sendo usado para registro, permitindo que os terminais entrem e saiam da zona de domínio, solicitem e retornem largura de banda, e forneçam atualizações de status. Por fim é usado o protocolo RTP para transmissão dos dados reais da comunicação, sendo gerenciado pelo protocolo RTCP.

2.1.5.1.2 Operação H.323

A operação do H.323 em uma ligação telefônica é apresentada na Figura 04, que demonstra os passos usados por um terminal para se comunicar com um telefone.

- 1) O terminal envia uma mensagem broadcast para o gatekeeper. O gatekeeper responde com seu endereço IP.
- 2) O terminal e o gatekeeper se comunicam usando o H.225, para negociar a largura de banda.
- 3) O terminal, o gatekeeper, o gateway e o telefone se comunicam usando o Q.931 para estabelecer uma conexão.
- 4) O terminal, o gatekeeper, o gateway e o telefone se comunicam usando H.245, para negociar o método de compactação.
- 5) O terminal, o gateway e o telefone trocam áudio usando RTP, sob gerenciamento do RTCP.
- 6) O terminal, o gatekeeper, o gateway e o telefone se comunicam usando o Q.931 para terminar a comunicação.

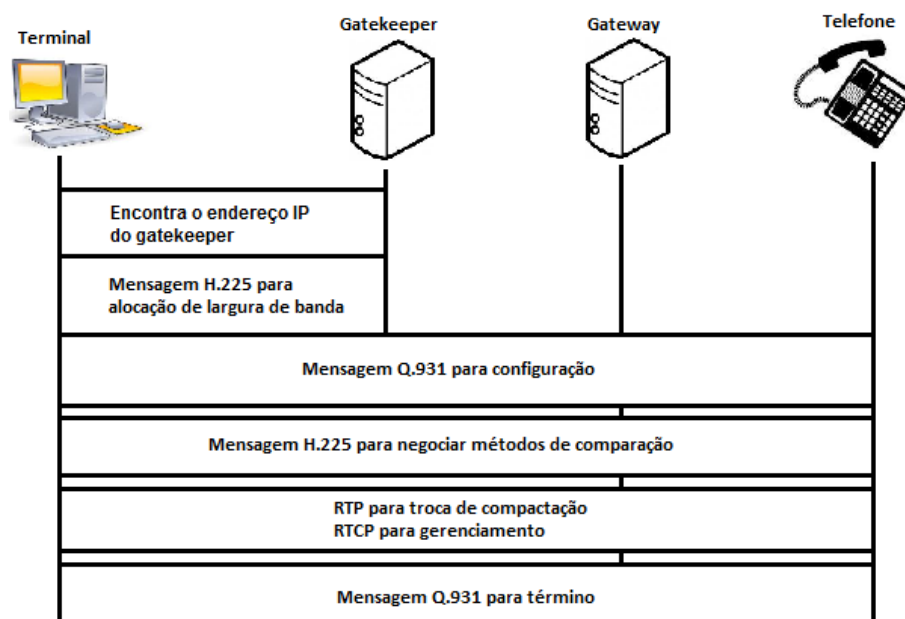


Figura: 04 - Exemplo H.323 (FOROUZAN, 2008).

2.1.5.2 Protocolo SIP

Com o desenvolvimento da Internet e o incremento da comunicação da voz sobre a rede de pacotes, surgiu um protocolo mais simplificado. É o SIP, descrito na RFC 3261, que troca sinalização e mensagens similares à linguagem usada pelo protocolo http, de acesso à internet. Em vez de trocar sinalização baseada em bits, sua sinalização é baseada em texto, que é bem mais simples de entender e de implementar, como pode ser constatado na Tabela 02 abaixo. Incorporando algumas experiências da internet, o SIP tornou-se simples, aberto, compatível e com possibilidade de expansão.

Esse protocolo descreve como instalar chamadas telefônicas da Internet, videoconferências e outras conexões de multimídia. Atua na camada de aplicação para estabelecer, gerenciar e terminar uma sessão. O SIP foi projetado para criar sessões com dois participantes, com vários participantes ou multicast (um transmissor e vários receptores), podendo ser executado sobre UDP, TCP ou SCTP.

Como o protocolo SIP é um protocolo de texto modelado sobre o http, uma parte envia uma mensagem em texto ASCII que consiste em um nome de método na primeira linha, seguido por linhas adicionais contendo cabeçalhos para passagem de parâmetros. Muitos cabeçalhos são tirados do MIME (Multipurpose Internet Mail

Extensions) que são normas para formato das mensagens de-mail na internet, que permitem ao SIP interoperar com aplicações da Internet existentes (TANENBAUM, 2010).

Método	Descrição
INVITE	Solicita a inicialização de uma sessão
ACK	Confirma que uma sessão foi iniciada
BYE	Solicita o término de uma sessão
OPTIONS	Consulta um host sobre seus recursos
CANCEL	Cancela uma solicitação pendente
REGISTER	Informa um servidor de redirecionamento sobre a localização atual do usuário

Tabela 02 - Mensagens SIP (TANENBAUM, 2010).

O SIP define números de telefones como URL, de forma que as páginas da Web possam conter esses números, permitindo que com um clique em um link se inicie uma ligação telefônica (da mesma forma que o esquema mail to permite que um clique sobre um link abra um programa para enviar uma mensagem de correio eletrônico). Ou seja, um endereço de e-mail, um endereço IP, um número de telefone ou outro tipo de endereço pode ser usado para identificar o remetente e o receptor.

As sessões podem conter áudio, vídeo ou dados. O SIP cuida apenas da configuração, do gerenciamento e do encerramento de sessões. Outros protocolos, como RTP/RTCP, são usados para o transporte de dados.

Em seguida tem-se uma breve descrição da função de cada mensagem, para em seguida descrever uma aplicação de uma sessão simples.

O chamador inicializa uma sessão com a mensagem INVITE. Depois que o receptor responde à chamada, o chamador envia uma mensagem ACK para confirmação. A mensagem BYE termina uma sessão. A mensagem OPTIONS consulta uma máquina sobre seus recursos. A mensagem CANCEL cancela um processo de inicialização já iniciado. A mensagem REGISTER estabelece uma conexão quando o receptor não está disponível.

2.1.5.2.1 Estabelecimento de Uma Sessão

Uma sessão simples usando SIP consiste em três etapas: estabelecimento, comunicação e término. A Figura 05 ilustra uma sessão simples usando o protocolo SIP de forma a viabilizar a comunicação entre dois terminais.

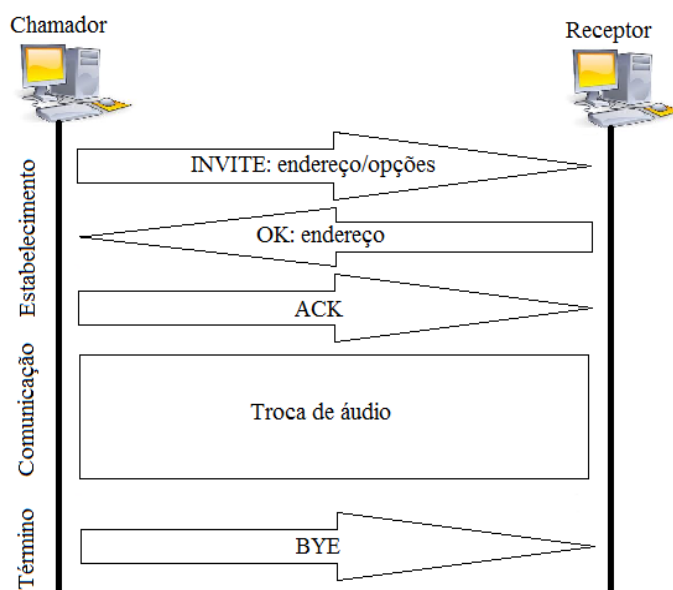


Figura 05 - Sessão SIP simples (FOROUZAN, 2008).

Segundo Forouzan (2008), o estabelecimento de uma sessão no SIP exige um reconhecimento mútuo (handshake) de três vias. O chamador envia uma mensagem INVITE, usando UDP, TCP, ou SCTP para iniciar a comunicação. Para confirmar a recepção de um código de resposta, o chamador envia uma mensagem ACK. Após o estabelecimento da sessão, o chamador e o receptor podem se comunicar usando duas portas temporárias. A sessão pode ser terminada com uma mensagem BYE enviada por uma das partes.

2.1.5.2.2 Servidor Proxy

No caso de um receptor não estar junto ao terminal, ou o mesmo não ter um IP fixo (se o DHCP estiver sendo utilizado), o SIP descobre o endereço do receptor usando o conceito de servidor registrador, a Figura 06 descreve o processo. Pela própria utilização, cada usuário é registrado fornecendo seu endereço para um servidor

definido como registrador pelo SIP. Quando um chamador solicitar uma sessão, ele pode receber, por exemplo, o endereço de e-mail ao invés do número IP do receptor, na mensagem INVITE. A mensagem vai para um servidor Proxy, que envia uma mensagem de pesquisa para algum servidor de registro que tenha feito a identificação do receptor. Então quando o servidor Proxy recebe a resposta da pesquisa do servidor registrador, o servidor Proxy pega a mensagem INVITE do chamador e insere o endereço IP do receptor. Então, essa mensagem é enviada ao receptor.

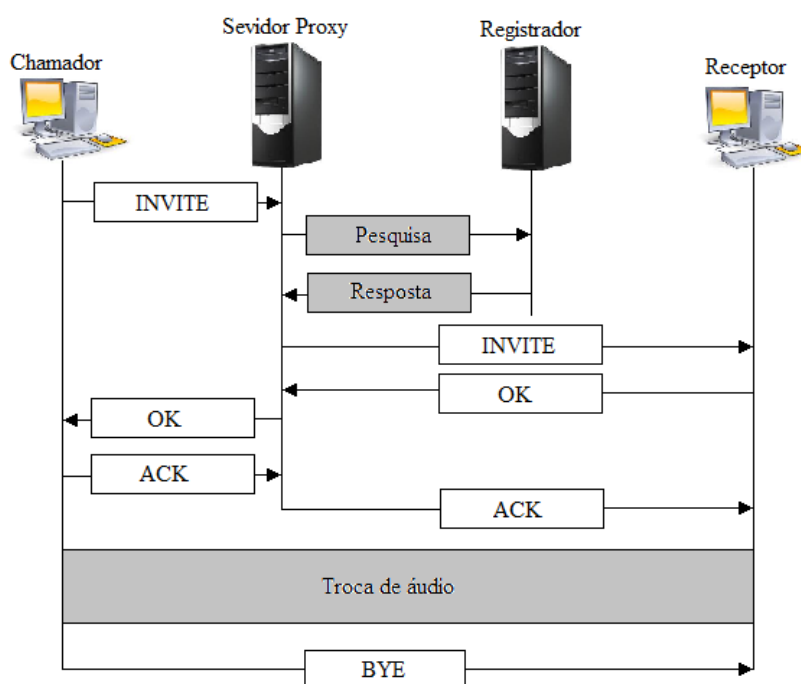


Figura 06 - Monitorando o receptor (FOROUZAN, 2008).

2.1.5.2.3 Comparações entre H.323 e SIP

Segundo Tanenbaum (2010), o H.323 e o SIP têm muitas semelhanças, mas também apresentam algumas diferenças. Ambos permitem dois ou mais participantes em comunicações, usando computadores ou telefones, admitindo negociações de parâmetros, criptografia e uso dos protocolos RTP/RTCP. O H.323, porém é um padrão pesado, complexo e, portanto bem definido, o que facilita sua interoperabilidade. Ao contrário, o SIP é um protocolo típico da Internet, onde pequenas mensagens em código ASCII são trocadas definindo tarefas. Interopera bem com outros protocolos da Internet, porém não tão bem com protocolos de sinalização

do sistema telefônico existente, mas tem a facilidade de ser ajustado a novas aplicações. O que se pode observar, entretanto é que o protocolo SIP promete revolucionar a comunicação na Internet, por ser um protocolo simples, confiável e robusto, criado tendo a Internet como foco.

2.1.5.3 Protocolos de Tempo Real RTP E RTCP

Os protocolos de transporte em tempo real fazem a entrega de serviços para dados com características de tempo real, como aplicações interativas de áudio e vídeo. Os protocolos utilizados para esta finalidade são o RTP e o RTCP. Tais protocolos foram desenvolvidos para suportar conferências multimídias, sendo usados para diferentes aplicações unicast. Os protocolos fazem uso do UDP, para que os pacotes não sofram grandes atrasos na entrega, visto que as aplicações multimídias são menos sensíveis a perda de pacotes, mas tipicamente muito sensíveis ao atraso fim-a-fim (MOURA, 2007).

O Protocolo RTP (Real Time Protocol) é um mecanismo genérico para suportar a integração de voz, vídeo e dados e foi definido pela RFC 1889. Sua função principal é agir como uma interface melhorada entre as aplicações de tempo real e os protocolos das camadas já existentes. De maneira geral, o RTP tenta, mas não garante o fornecimento de pacotes no tempo desejado ou de acordo com uma qualidade de serviço especificada. O cabeçalho RTP fornece o número de sequência e a informação de tempo através de uma etiqueta de tempo (time- stamp) que é necessária para a remontagem do fluxo real, a partir dos pacotes IP recebidos. O protocolo, no entanto, não assegura que os pacotes sejam entregues em ordem, nem tão pouco oferece uma garantia de tempo de entrega de pacotes, o que o torna pouco confiável (SITOLINO E ROCHOL, 2001).

Segundo David (2003), o RTCP sendo considerado parte integrante do protocolo RTP, complementa a sua funcionalidade, permitindo ao transmissor receber dos receptores, relatórios de como os dados estão sendo recebidos. No caso do VoIP, sua função é informar ao transmissor como a conexão está sendo vista pelo receptor em termos relacionados a QoS. Pacotes RTCP do tipo BYE são importantes para a

identificação do término da chamada. Em termos de cálculo de QoS, os pacotes RTCP do tipo SR (Sender Report) e RR (Receiver Report) fornecem os dados aos modelos de avaliação objetiva de qualidade.

Os relatórios fazem largo uso de uma contabilidade acumulativa dos parâmetros. A justificativa dada na RFC é que esta forma permite realizar a verificação dos valores instantâneos, ou ao longo de toda a sessão. Parâmetros instantâneos de qualidade de serviço são obtidos através da diferença entre dois relatórios consecutivos. Valores acumulativos fornecem confiabilidade aos dados frente à perda de relatórios intermediários em possíveis situações de congestionamento da rede. O transmissor de um fluxo RTP envia em intervalos regulares pacotes RTCP do tipo SR para o(s) receptor(es). Esse, por sua vez, envia pacotes do tipo RR para os outros participantes da sessão. Desta forma o transmissor sabe como o seu fluxo está sendo recebido. No caso específico de VoIP, as conexões são normalmente realizadas em *unicast*, fazendo com que existam apenas dois participantes por sessão (DAVID, 2003).

2.1.6 Qualidade de Serviço (QoS)

Pela definição, QoS (Quality of Service), é um fator que pressupõe a entrega constante, previsível e satisfatória de um serviço, processo ou informação.

No caso específico das redes convergentes, como é o caso do VoIP, a aplicação de voz é diferente da aplicação de dados. Ela não pode esperar, é interativa, e em tempo real. Se não houver largura de banda disponível, todos os outros fatores de qualidade de voz estarão comprometidos, atraso e eco serão intensificados (SOARES e FREIRE, 2002). Muito embora o conceito seja o mesmo, cada tecnologia define parâmetros qualitativos a serem tratados de forma a garantir os níveis mínimos de qualidade para sua execução. O tráfego e as aplicações da rede devem ser cuidadosamente analisados, para que depois não ocorram problemas de desempenho devido às ocorrências constantes de congestionamentos, descartes de pacotes e atrasos nos pacotes de voz. O grande poder do IP está no seu alcance; a rede (fim-a-fim) pode

ser totalmente baseada no IP. Todavia, as garantias de qualidade de serviço devem ser tanto empregadas para a rede local quanto para a rede de longo alcance.

Logo, outros mecanismos deverão ser usados para evitar congestionamentos, através do controle e priorização de tráfego ou reserva de recursos.

Segundo Chowdhury (2002), uma das contribuições mais importantes de um QoS, é oferecer um meio para gerenciar o congestionamento que ocorre quando há excesso de tráfego de pacotes para um segmento de rede. O gerenciamento do congestionamento é possível determinando-se a ordem em que os pacotes são transmitidos de uma interface, com base nas prioridades atribuídas a esses pacotes. Para diferentes tipos de tráfego num enlace, cada qual com suas necessidades, é necessário garantir tratamento adequado para cada um.

Para se obter uma boa qualidade na voz reproduzida, alguns aspectos são fundamentais e precisam ser observados. São eles:

- O atraso máximo que o sinal pode sofrer;
- A largura de banda necessária para o transporte dos pacotes;
- A variação do atraso entre a propagação de um pacote e outro;
- O tempo necessário para o processamento dos algoritmos matemáticos dos codificadores/decodificadores;
- As limitações físicas relacionadas ao atraso decorrente das distâncias e das tecnologias utilizadas na rede;

Quando nos referimos à qualidade de um serviço, estamos interessados em saber como o mesmo se comporta em relação a parâmetros determinados. Com relação aos serviços VoIP, tais parâmetros são bastante específicos e o comportamento de um sistema perante outros permite dizer se ele é eficiente ou não (LAMAS, 2005).

Ainda segundo Lamas (2005), a convergência de dados, voz e vídeo em um único meio, muitas vezes comandada por um única aplicação, é uma realidade cada vez mais presente nos sistemas de VoIP. Com relação à voz, quando esta é dividida, empacotada e submetida ao mesmo meio físico que um volume imprevisível de dados, a QoS é chamada para proteger o tráfego de voz. A especificação correta de QoS que

implica a requisição de um serviço é uma exigência da operação da rede, de seus componentes e dos equipamentos utilizados para viabilizar a operação com máxima qualidade possível para uma determinada aplicação baseada em parâmetros definidos.

A junção dos termos qualidade e serviço podem ter várias interpretações e definições, mas segundo um consenso em quase todas as definições, o QoS é a capacidade de diferenciar entre tráfego e tipos de serviços, para que o usuário possa tratar uma ou mais classes de tráfego diferente das demais, o modo como pode ser obtido e os mecanismos variam, dando origem a duas expressões: classes de serviço (CoS) e a Qualidade de Serviço (QoS) (KAMIESKI e SADOK, 2000).

Quando a QoS está presente, passamos a considerar uma mudança significativamente, uma vez que passamos a tratar diferentes tipos de dados de formas distintas. Contudo, esta alteração modifica o princípio fundamental da simplicidade que trouxe sucesso à internet. Mas, com o grande crescimento da quantidade dos mais variados serviços sobre IP, novas oportunidades estão sendo geradas dando apoio e suporte à QoS, o que é imprescindível em aplicações multimídia em tempo real, como as que envolvem áudio, voz e vídeo (LAMAS, 2005).

A QoS oferecida pelas redes pode ser representada através de parâmetros que indicam o comportamento do tráfego. Portanto, a garantia de serviços oferecida por estas arquiteturas é medida através de parâmetros de qualidade de serviço. Os principais parâmetros de QoS do ponto de vista da rede são: atrasos fixos, atrasos variáveis, jitter (variação do atraso), perda de pacotes, erros de seqüenciamento, eco e segurança (ALVES, 2004).

O transporte dos pacotes de voz deve ser realizado pela rede segundo exigências específicas deste serviço, também conhecidas como parâmetros de QoS da aplicação [ROC 98]. As redes IP não oferecem nenhum tipo de QoS as suas aplicações, o que é considerado atualmente o principal empecilho para as aplicações multimídia (SITOLINO e ROCHOL, 2001).

2.1.6.1 Jitter ou Atraso

O jitter é outro parâmetro importante para a qualidade do serviço. Ele é importante para as aplicações executadas em rede cuja operação depende, de alguma

forma, da garantia de que as informações (pacotes) devem ser processadas em períodos de tempo bem definidos. Este é o caso das aplicações de voz e fax sobre IP (VoIP), aplicações de tempo real, dentre outros (SANTANA, 2006).

É a variação no tempo de chegada entre os pacotes. A remoção do *jitter* requer uma coleta de pacotes e um armazenamento dos mesmos durante um tempo suficiente, de tal maneira que eles possam ser apresentados na sequência correta, o que causa um atraso adicional (*bufferização*). Um *jitter* excessivo causa uma sensação de voz “ondulada” (vários espaços entre palavras ou sílabas). Para compensação do *jitter*, é usada uma técnica chamada *bufferização de jitter*, os atrasos variados são corrigidos para que os pacotes cheguem na sequência correta. Os protocolos RTP - *Real Time Protocol* e RTCP – *RealTime Control Protocol* – são protocolos padronizados pela IETF usados para compensar o problema do *jitter* presente em todas as aplicações de tempo real. Eles não evitam o *jitter*, mas fornecem parâmetros suficientes para que uma aplicação possa compensar os seus efeitos. Como os fluxos RTP normalmente transportam informações em tempo real, é preferível que seja usado o UDP (ALVES, 2004).

Outro fator importante para garantia de qualidade do sinal de voz recebido é a variação do tempo entre chegadas de pacotes consecutivos até determinados limiares, um tempo entre chegadas maiores com uma variação menor, é observada como de melhor qualidade do que o contrário. A esta variação do tempo entre chegadas damos o nome de *jitter*.

Na transmissão de voz sobre IP os datagramas podem tomar caminhos diferentes na rede, resultando em diferentes tempos de propagação, ou podemos ter congestionamentos momentâneos que obriguem a maiores retardos. Para contornar este problema, são usados *buffers* nas entradas dos equipamentos decodificadores, a fim de guardar alguns pacotes como “reserva” em uma fila, que é servida de forma mais constante possível. Mesmo que alguns pacotes sofram uma demora maior que a normal para chegada (guardando certos limites), os pacotes no *buffer* são enviados para o decodificador com uma cadência homogênea. A quantidade ótima de pacotes armazenados nestes *buffers* depende do tamanho dos pacotes de voz, taxa de

transmissão, atraso médio da rede e como não poderia deixar de ser, exigência da qualidade de voz requerida (FERNANDES, 2000).

A incidência de atraso é um fator crítico para redes convergentes, visto que voz é uma aplicação interativa de tempo real. Devem ser adotados métodos que minimizem o atraso e as variações desse atraso, de forma que o tráfego de voz consiga fluir na rede de dados. Na Figura 07 pode ser observada a escala de atrasos e os efeitos que estes produzem à qualidade do som, conforme definido pelo ITU-T.

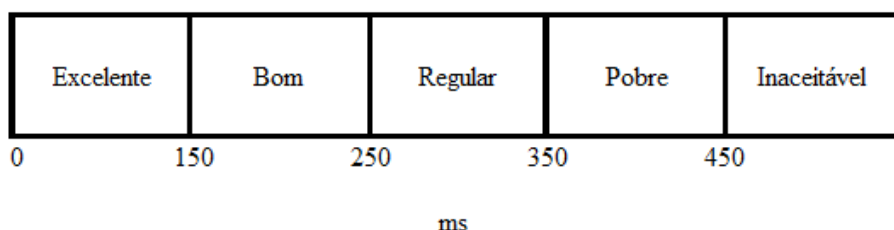


Figura 07 - Escala de atrasos (SOARES e FREIRE, 2002).

Segundo Soares e Freire (2002), atrasos em rede de pacotes podem ser gerados por dois processos:

- Na formação do pacote: Refere-se ao tempo necessário para o preenchimento do pacote de voz a ser enviado, que leva de 20 a 30ms em média;
- Pela rede: Refere-se ao tempo necessário para o transporte pela rede do pacote da origem até o destino. Consiste no tempo gasto para passar por todos nós da rede, além dos sistemas de transmissão dos equipamentos terminais;

Descrição do atraso	Valor
Interface com a rede telefônica	1ms
Codificação e Compressão	20-45ms
Empacotamento (origem)	10ms
Manipulação (origem)	0,25-7ms
Transmissão na rede	20-40ms
Manipulação (destino)	0,25-7ms
<i>Buffer</i>	(configurável)
Desempacotamento (destino)	10ms
Decodificação e Descompressão	10ms
TOTAL	71,5 – 130ms

Tabela 03 - Soma dos atrasos fixos (SOARES e FREIRE, 2002).

Mesmo com o uso do protocolo RTP/RTCP, que foi concebido para comunicações multimídia como a voz e vídeo em redes de pacotes, ainda são necessários outros mecanismos para manter o *jitter* sob controle. Uma das principais causas do *jitter* são as filas em roteadores; por isso foram desenvolvidos diversos tratamentos de filas através de algum algoritmo de priorização e/ou classificação de tráfego nos roteadores. Além dos tratamentos de fila, o IETF desenvolveu algumas soluções como o DiffServ (Serviços Diferenciados – método para conseguir qualidade de serviço em grandes redes como a Internet). Outra tecnologia que também foi definida pela IETF é o *MultiProtocol Label Switching* (MPLS), que é uma rede de alto desempenho, pois o encaminhamento dos pacotes é baseada em rótulos (labels) que funciona, basicamente, com a adição de um rótulo nos pacotes de tráfego (O MPLS é indiferente ao tipo de dados transportado, podendo ser tráfego IP ou outro qualquer) à entrada do backbone (chamados de roteadores de borda) e, a partir daí, todo o encaminhamento pelo backbone passa a ser feito com base neste rótulo. Comparativamente ao encaminhamento IP, o MPLS torna-se mais eficiente uma vez que dispensa a consulta das tabelas de *routing*.

2.1.6.2 Perdas de Pacotes

Um pacote é perdido se, quando chegar a um nó de comutação (roteador) este equipamento esteja com a fila de entrada cheia devido a congestionamentos. Não tendo mais onde armazenar pacotes, o roteador começa a descartar os pacotes que chegarem. O protocolo TCP na internet é responsável pela camada de transporte, retransmitindo automaticamente pacotes perdidos. Mas essa retransmissão não é suportável para aplicações de voz, pois tal aplicação é em tempo real. Em aplicações de voz, perdas de pacotes inferiores a 5% não são percebidas pelos usuários, de 5% a 10% são percebidas, mas toleradas. Acima de 10% de perda de pacotes, não são tolerados pelos usuários. Na aplicação de voz sobre redes de pacotes, em horários de pico na internet, a taxa de perda de pacotes pode exceder 20% (SITOLINO, 2001).

As perdas de pacotes em redes IP são um problema sério para determinadas aplicações, como no caso da voz sobre IP. Neste caso específico, a perda de pacotes,

com trechos de voz digitalizada implica numa perda de qualidade eventualmente não aceitável para a aplicação. Do ponto de vista da qualidade de serviço de rede (QoS) a preocupação é normalmente no sentido de especificar e garantir limites razoáveis (Taxas de Perdas) que permitam uma operação adequada de aplicação (SANTANA, 2006).

2.1.6.3 Gerenciamento e Reserva de Banda

A rede de telefonia é baseada na comutação de circuitos, e aloca toda a banda disponível em função da chamada em andamento, o que resulta em manter a conexão dedicada, mesmo em momentos de silêncio e pausas.

Já a rede de comutação por pacotes utiliza o conceito da multiplexação estatística, ou seja, a rede aloca a banda de acordo com as atividades das conexões, não mantendo, portanto, caminho algum disponibilizado para a comunicação, otimizando assim a utilização dos recursos de rede.

A Tabela 04 faz uma analogia entre os requisitos de banda de serviços de voz por circuito comutado e por pacotes, em conexões que utilizam algoritmos de compressão.

Método	Banda	Compressão	Máximo de Chamadas	Banda Livre
Circuito	64 Kbps	Nenhuma	1	0 Kbps
Circuito	4 Mbps	Nenhuma	30	0 Kbps
Pacote	64 Kbps	8 Kbps	8	56 Kbps (com 1 chamada)
Pacote	64 Kbps	5,3 Kbps	12	58,7 Kbps (com 1 chamada)
Pacote	2 Mbps	8 Kbps	256	1,808 Mbps (com 30 chamadas)
Pacote	2 Mbps	5,3 Kbps	386	1,889 Mbps (com 30 chamadas)

Tabela 04 - Requerimento de banda entre redes de circuito e de pacote (SOARES e FREIRE, 2002).

A alocação insuficiente de banda ocasiona queda na qualidade de serviço da conexão, visto que pacotes podem ser descartados, prejudicando a qualidade da reprodução.

2.1.6.4 Protocolo RSVP

Foi desenvolvido o protocolo RSVP (Re Source reserVation Protocol), que em sua operação, permite reserva de banda na rede IP, desde que todos os roteadores ou switches entre os dispositivos IP que transmitam voz possuam suporte à ele. O RSVP é um protocolo especialmente desenvolvido para serviços integrados de Internet, pois permite que as próprias aplicações requeiram da rede reservas de recursos necessários para seus diversos serviços.

As novas funções que foram implementadas neste protocolo, tem dado a ele uma flexibilidade e escalabilidade única, comparado a protocolos convencionais de reserva de recursos. Este protocolo é utilizado por um *host*, em benefício do fluxo de dados de uma aplicação. No caso da Internet deve ser modificado para poder suportar uma QoS específica da rede. O protocolo RSVP é também utilizado por *routers* (roteadores) para entregar requisições de controle da QoS para todos os nós ao longo do(s) caminho(s) por onde os dados irão fluir, além de manter o estado da conexão para o serviço que foi requisitado. As requisições RSVP geralmente irão resultar, embora não necessariamente, em reservas de recursos em cada nó ao longo da conexão.

2.1.6.5 Disponibilidade

Santana (2006) refere que a “disponibilidade é um aspecto da qualidade de serviço abordada normalmente na fase de projeto de rede”. Para ele, ainda em termos práticos, a disponibilidade é uma garantia de execução da aplicação ao longo do tempo e depende da disponibilidade dos equipamentos utilizados pela própria rede proprietária (rede do cliente) (LAN, MAN, WAN) e da disponibilidade da rede pública, quando a mesma é utilizada (operadoras de telecomunicações, carriers, ISPs).

Para Alves (2004), a probabilidade de bloqueio de chamadas, queda de ligações ou congestionamentos deve ser mínima. Os mecanismos para o controle de admissão e priorização, além de redundância de rotas e alta capacidade de equipamentos e sistemas devem ser bem planejados.

Outro aspecto, é que equipamentos VoIP como por exemplo os terminais de usuário ATA, dependem de energia elétrica para funcionarem. Já os telefones atuais funcionam com energia fornecida através da linha telefônica a partir da operadora do serviço de telecomunicações. Mesmo que o fornecimento de energia elétrica acabe, o telefone convencional continua funcionando. Com o VoIP, a falta de energia elétrica pode significar falta de telefone, a menos que os sistemas sejam implantados com soluções alternativas de suprimento de energia, como fontes UPS.

2.1.6.6 Segurança

A convergência dos diversos serviços de comunicação multimídia compartilhados com as redes IP, traz novos desafios para usuários corporativos e provedores de serviços. Um dos mais críticos é o de conciliar qualidade de serviço com a urgente necessidade de segurança em VoIP. Para se ter uma idéia da importância dessa questão, vale lembrar que a evolução e diversificação de ataques a sistemas VoIP ocorreram na mesma velocidade de adesão a essas soluções. Segundo o Sans Institute (empresa privada dos EUA especializada em treinamento de segurança na Internet), VoIP era considerado, em 2006, um dos 20 principais alvos de ataques na Internet. Em 2008 passou a figurar entre os 10 principais alvos. Mas os usuários têm sido levados a optar entre qualidade de serviço ou segurança. Isso ocorre porque a criptografia forte envolve uma carga de processamento que leva um determinado tempo para se completar. Além disso, esse problema se agrava devido à baixa qualidade de transmissão de algumas conexões de banda larga. O serviço em tempo real, como Voz sobre IP, exige disponibilidade e baixíssimo jitter.

Equipamentos de Firewall, necessários hoje em dia para gerir protocolos de rede, devem ser inteligentes para compreender a voz. Os tradicionais filtros de pacotes não conseguem lidar com protocolos de dados complexos tais como streaming IP e

videoconferência, que utilizam múltiplos protocolos UDP e TCP, e complicados esquemas de inicialização. Para ser eficaz, a inspeção de firewall deve ter conhecimento específico dos protocolos que gere.

Firewalls mal configurados podem não permitir a entrada de tráfego IP de telefonia (principalmente pelo fato dele ter uma característica aleatória na seleção das portas de comunicação). A criptografia dos fluxos também pode induzir a um atraso adicional, comprometendo a qualidade da voz sobre IP (ALVES, 2004).

A voz, sobretudo, não pode chegar atrasada ou inconstante porque o sistema está processando os itens de segurança. Com tudo isso não há dúvida de que a comunicação por IP se torna cada vez mais crítica, principalmente no mundo empresarial, onde o item segurança é fundamental. Esta convergência de redes e serviços de voz introduz certo nível de vulnerabilidade na rede, até aqui inexistente. Por isso é normal que as empresas tenham cautela ao considerar avanços nas comunicações por IP.

2.1.6.7 Ameaças

As ameaças a sistemas de comunicação por IP nos dias de hoje são consistentes, como muitas ameaças ao sistema telefônico tradicional, assim como muitas e bem sucedidas ameaças a redes de dados. Tais ameaças incluem:

- Perturbação, um ataque que limita ou elimina a capacidade para utilizar o serviço;
- Escutas, que expõem informação pessoal, confidencial ou, em outros termos, sensível ao atacante;
- Utilização inapropriada, em que os recursos do serviço são utilizados para fins não autorizados, e roubo, quando serviços pagos são utilizados indevidamente por outros;

Estes ataques são, muitas vezes, lançados contra routers, servidores Web ou servidores de correio eletrônico, mas podem também ser direcionados contra servidores em redes de telefonia IP. Outra ameaça comum é o vírus, que pode danificar ou comprometer dados e servidores e constituir plataforma de lançamento para futuros ataques à rede. Estes ataques chegam frequentemente, por correio eletrônico, mas podem também ameaçar o servidor através do seu sistema operativo, servidor Web ou software aplicativo. Cavalos de Tróia e Spyware podem ver-se facilmente infiltrados numa rede IP para roubar informação confidencial ou propagar ataques. Em todos os casos, o resultado é o mesmo: a rede fica comprometida e a informação está em risco. Uma situação obviamente inaceitável.

Dados os riscos, é imperativo que uma empresa leve a cabo uma exaustiva avaliação da sua infraestrutura de segurança antes de implementar uma solução de telefonia IP. De fato, o desenho e implementação de uma solução de telefonia sobre IP deve ter grande atenção para o plano global de segurança da organização, e pode, em última análise, servir para melhorar os seus níveis de eficácia.

Alguns dos pontos fundamentais a considerar no provimento de segurança a uma rede de telefonia IP são:

- Uma política de segurança praticada é mais importante que a melhor tecnologia;
- Frequentes estimativas de risco, calendarizadas e ao acaso, são vitais para garantir proteção contra ameaças novas;
- A segurança deve ser construída por camadas, de forma a que o compromisso de um dado sistema ou funcionalidade não resulte no compromisso de toda a rede;
- A segurança deve abordar tanto ameaças conhecidas como desconhecidas, já que os *crackers* evoluem constantemente nos seus métodos de ataque;
- Uma sólida estratégia de segurança de telefonia IP está dependente de uma sólida estratégia de segurança de rede de dados;
- A segurança deve começar por bloquear tudo e depois, seletivamente, permitir apenas o tráfego pretendido, com o máximo de especificidade;

Não existem sistemas de segurança perfeitos. A segurança é um compromisso entre custo e benefício.

2.1.6.8 Confiabilidade

Quando falamos de confiabilidade principalmente em VoIP a primeira palavra que vem à mente é “confiança”. Será que as informações que estão sendo transmitidas de um ponto para outro estão sendo entregues 100%? Qual é o nível de confiança no serviço VoIP pelas informações que estão sendo transmitidas? Para Alves (2004), a rede VoIP seja por redundância ou gerência, deve ser tolerante a falhas com uma probabilidade mínima de falha total”.

2.1.6.9 SLA

A QoS é garantida pela rede, suas componentes e equipamentos utilizados. Do ponto de vista de programas de aplicação, a QoS é tipicamente expressa e solicitada em termos de uma “Solicitação de Serviço” ou “Contrato de Serviço”. A solicitação de QoS da aplicação é denominada normalmente de SLA (Service Level Agreement), ou Nível de Serviços Agregados. A SLA deve definir claramente quais requisitos devem ser garantidos para que a aplicação possa ser executada com qualidade.

Um exemplo típico de SLA para uma aplicação de Voz sobre IP, supondo algumas centenas de canais de voz simultâneos em uma rede IP, poderia ser:

- Vazão $\geq 2\text{Mbps}$;
- Atraso $\leq 250\text{ms}$;
- Disponibilidade $\geq 99,5\%$;

Uma vez que a rede garanta esta SLA, tem-se como resultado que a aplicação VoIP em questão poderá ser executada, garantindo a qualidade de voz prevista para que seus usuários se comuniquem simultaneamente em uma rede IP.

A adoção da Tecnologia de transmissão da voz sobre redes IP é motivada também pela facilidade e necessidade de unificar todos os serviços em uma única rede

digital. Testes permitem uma avaliação subjetiva da qualidade de transmissão telefônica, e são avaliados por um grupo de pessoas criteriosamente escolhidas para representarem a população em geral. Cada ouvinte classifica a qualidade de uma amostra de voz atribuindo-lhe um valor entre 1 e 5, sendo 5 a melhor qualidade. A média obtida é conhecida como MOS (Mean Opinion Score), que traduzido para o português significa – Índice de Opinião Médio.

O MOS é usado para determinar a qualidade de fala em geral (HERSENT et al, 2002). Numa rede VoIP, por ela não ser a ideal para a transmissão de voz, e não ter o compromisso de entregar os dados em tempo real, os dados são tipicamente transmitidos em rajadas que muitas vezes precisam aguardar o término da transmissão de outro usuário no mesmo meio que é compartilhado. Quanto menor a largura de banda maior será o tempo de espera, por isso a largura de banda é tão importante. Redes de pacotes são excelentes para o tráfego de dados que não são tão sensíveis à variação de tempo de propagação. Por outro lado, o tráfego de voz é muito prejudicado, quando não inviabilizado. Mas como a presença da rede IP é quase tão difundida quanto à rede telefônica, sua escolha foi quase natural.

2.2 ASPECTOS REGULATÓRIOS

A adoção cada vez maior da tecnologia VoIP é incontestável, sobretudo no mercado corporativo. Por isso é importante conhecer o que determinam e como se fundamentam os órgãos reguladores sobre o assunto.

Baseada no princípio que sistemas de telecomunicações têm por atividade fim a transmissão de informação a partir do estabelecimento de uma conexão, e sistemas de informação tem funções como armazenamento, acesso, empacotamento, apresentação, roteamento e utilização de dados como forma intrínseca deste serviço, tem-se desta maneira decididamente uma diferença natural entre estas formas de comunicação. Define-se então VoIP como uma tecnologia que acrescenta utilidades à cadeia de comunicação, sem necessariamente utilizar-se das redes de telefonia pública.

A Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), como Agência Reguladora do setor de telecomunicações, não regulamenta o uso de tecnologias, mas os serviços

de telecomunicações que delas se valem. O uso do VoIP pode ser considerado sob três aspectos principais:

- a) A comunicação de voz entre computadores ou similares, com recursos próprios e softwares específicos e limitados a usuários que possuam tais programas não constitui serviço de telecomunicações, mas Serviço de Valor Adicionado (SVA), usando a Internet como forma de viabilizar a comunicação. Caso a operadora VoIP deseje encaminhar uma chamada para um usuário de telefonia fixa ou móvel, como não possui direito à essa interconexão, deverá se valer de operadoras autorizadas pela Anatel para viabilização da interligação da chamada.
- b) Comunicação de voz restrita dentro de uma rede corporativa ou dentro de uma prestadora de serviços de Telecomunicações, que pode incluir o aparelho telefônico, ou entre equipamentos, torna-se necessária autorização por caracterizar uso do serviço de telecomunicações.
- c) Comunicação de voz de forma irrestrita com acesso a usuários de outros serviços de telecomunicações e numeração específica, recurso este objeto de controle pelo órgão regulador brasileiro. Estas são características de um serviço de telecomunicações de interesse coletivo para o qual é imprescindível uma autorização prévia da Agência e cuja prestação deve estar em conformidade com a regulamentação da Anatel.

De acordo com a legislação e regulamentação do setor de telecomunicações, o provimento do VoIP pode ocorrer de duas formas distintas: Serviço de Valor Adicionado (art. 61, LGT) ou Serviço de Telecomunicações (art. 60, LGT).

2.2.1 Artigo 60 da LGT

"Art. 60. Serviço de telecomunicações é o conjunto de atividades que possibilita a oferta de telecomunicação.

§ 1º Telecomunicação é a transmissão, emissão ou recepção, por fio, radioeletricidade, meios ópticos ou qualquer outro processo eletromagnético, de

símbolos, caracteres, sinais, escritos, imagens, sons ou informações de qualquer natureza."

Assim, a transmissão, emissão e recepção de sinais e sons de qualquer natureza implicam em serviço de telecomunicações.

2.2.2 Artigo 61 da LGT

"Art. 61. Serviço de valor adicionado é a atividade que acrescenta, a um serviço de telecomunicações que lhe dá suporte e com o qual não se confunde, novas utilidades relacionadas ao acesso, armazenamento, apresentação, movimentação ou recuperação de informações.

§ 1º Serviço de valor adicionado não constitui serviço de telecomunicações, classificando-se seu provedor como usuário do serviço de telecomunicações que lhe dá suporte, com os direitos e deveres inerentes a essa condição."

Sendo um serviço de informação, já que se utiliza de protocolos de Internet, o VoIP possui, em primeiro momento, natureza jurídica de serviço de valor adicionado, pois "acrescenta utilidades" à comunicação.

2.2.3 Utilização da Tecnologia VoIP

A Anatel esclarece que não há restrição regulamentar que impeça uma prestadora de Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) usar a tecnologia Voz sobre IP no provimento de comunicação de voz. Também ressalta que contratos de prestação de SCM não podem impor restrições à transmissão de nenhum tipo de sinal (áudio, vídeo, dados, voz e outros sons, imagens, textos e outras informações), por ser um serviço abrangente que, por definição, possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia definidas como sinais de áudio, vídeo, dados, voz e outros. Márcio de Moraes - Assessoria de Imprensa – Anatel, 2005.

Quando uma operadora VoIP vier a fornecer a infraestrutura (cabos, fibra, rádio terrestre, satélite entre outros) e a respectiva capacidade de transmissão e recepção ao usuário, estará nesta situação prestando um serviço de telecomunicações e precisará de autorização prévia da Anatel para desenvolver a sua atividade.

Caso um usuário de um serviço de telecomunicações (ex. banda larga ADSL, Cable Modem e 3G) contrate uma aplicação VoIP, neste caso específico a provedora VoIP não estará prestando serviço de telecomunicações, não havendo, portanto necessidade de autorização, visto que estará, nesse caso, sendo caracterizado como Serviço de Valor Adicionado.

2.3 DISPOSITIVOS E EQUIPAMENTOS

2.3.1 ATA

O ATA - Adaptador Telefone Analógico tem como principal objetivo a conexão entre dois pontos identificados por um IP para trocar informações em tempo real, possibilitando que através de um telefone convencional sejam feitas chamadas pela Internet. Ele fornece tanto tom de discagem para efetuar ligações, como também o toque de campainha para chamadas recebidas. Outra função do ATA é converter o sinal analógico da voz para um formato digital para que possa ser transmitido pelo telefone via IP, e da mesma forma, reconverte o sinal de voz para a forma analógica na recepção.

É possível até implementar uma rede apenas interconectando o ATA a outros dispositivos de rede, como telefones IP, centrais PABX, softphone e outros ATA.

Existem basicamente dois tipos de adaptador ATA. Ambos fornecem uma ou mais conexões para aparelhos analógicos. A diferença é o tipo de conexão que requerem. Em um tipo o aparelho é conectado à entrada USB do computador, requerendo um programa próprio no PC para que ele possa acessar a Internet.

Outro tipo de adaptador ATA é aquele que conecta um telefone diretamente ao cabo de alta velocidade, modem ADSL ou diretamente à rede, podendo até ser através de um switch. Este tipo de adaptador VoIP usa a entrada ethernet para acessar a

conexão com a Internet e opera por conta própria, sem necessidade de nenhum software. Somente possui um browser de configuração via PC. Após sua devida configuração, não é mais necessário que o computador esteja ligado. Basta somente que o acesso à Internet esteja ativo. É exatamente este tipo de equipamento em que consiste o foco principal deste estudo, conforme atestado no capítulo número 3.3.

2.3.2 Softphone

O softphone é um aplicativo multimídia, oferecido gratuitamente para download por operadoras VoIP, que trabalha associado com a tecnologia VoIP/telefone IP dando ao usuário a possibilidade de fazer chamadas diretamente do PC ou laptop. O softphone transforma o computador em um telefone multimídia, com capacidade de voz, dados e imagem. Com ele é possível fazer chamadas para telefones convencionais através da Internet, geralmente por uma pequena taxa mensal paga para a operadora (pode ser verificado em tabela no capítulo número dezessete), e também fazer ligações "PC-PC" gratuitamente, que é o tipo mais popular de chamada VoIP atualmente. Após baixar e instalar o software, basta estar com microfone e alto-falantes ou headset ligados para começar a usar o softfone. Geralmente muito simples e intuitivo. Enquanto se usa o softfone é possível executar outras tarefas, porém, requer que o PC esteja sempre ligado e conectado à Internet.

2.3.3 IPphone

Hardphone, IPfone ou simplesmente telefone IP, são termos que referem-se ao mesmo equipamento, que vem a ser um aparelho telefônico para se conectar diretamente à rede local LAN para comunicações VoIP. Ele usualmente implementa todas as especificações e protocolos da rede IP, como o RTP, SIP, H.323, e opera também com diversos Codec, além de recursos adicionais como cliente DHCP. O telefone IP possui um endereço IP, assim como um host, da Internet.

Com o uso de qualquer um destes três dispositivos é possível implementar-se uma solução VoIP.

3 ESTUDO DE CASO

Para exemplificar o uso de uma solução de Telecomunicações utilizando a tecnologia VoIP, aborda-se neste capítulo um estudo para implantação de adaptadores ATA ponto-a-ponto em uma empresa de médio porte.

3.1 CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO DO ATA PONTO-A-PONTO

Para comunicações ponto-a-ponto não é necessário a contratação de uma operadora VoIP, pois toda a troca de pacotes é efetuada pelos equipamentos que se valem de toda uma gama de protocolos que transportam, gerenciam e controlam todo o tráfego de dados na Internet.

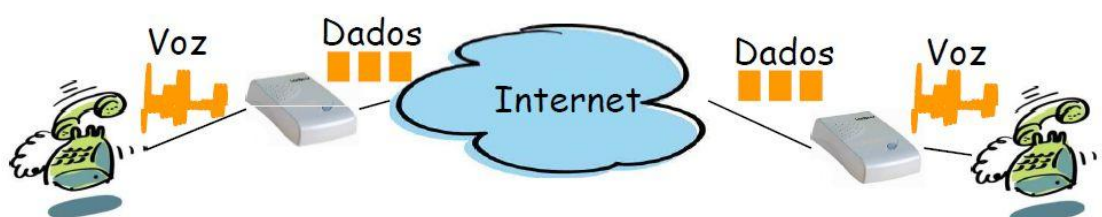


Figura 08 - Representação básica do ATA ponto-a-ponto (Intelbrás, 2011).

Na Figura 09, temos uma representação mais realista de uma aplicação do ATA, já contemplando outros dispositivos de rede associados. Observamos que em uma das extremidades temos apenas o aparelho telefônico, mais o ATA conectado a um modem com acesso a Internet.



Figura 09 - Exemplo de uso do ATA (Intelbrás, 2011).

Na outra extremidade, tem-se da mesma forma um modem provendo o acesso a Internet, mais um switch interligando diversos equipamentos, inclusive outro ATA associado a outro aparelho telefônico, caracterizando este segundo ambiente em uma rede local LAN.

Neste segundo ATA, ao invés de haver um aparelho telefônico ligado na saída FXS (Foreign Exchange Subscriber) que é uma geradora de tensão, é possível ligar esta mesma saída FXS na entrada de tronco analógico da central telefônica, que na sua essência é uma porta do tipo FXO (Foreign Exchange Office), a qual é uma receptora de linha analógica. Com esta configuração, torna-se possível aos ramais da central telefônica PABX acessarem a linha VoIP diretamente, originando suas chamadas de longa distância aproveitando a redução de custos. Através de programações específicas na central telefônica, é possível configurar uma rota de saída para ligações locais via linhas normais PSTN, e outra rota para ligações via VoIP.

Situando este arranjo em um mercado corporativo, torna-se factível ter nesta situação a organização física de uma interligação básica entre uma matriz e uma filial. Neste exemplo típico, poderíamos interconectar não somente ponto-a-ponto, mas também mais alguns pontos, bastando para isso implementar regras de roteamento nos próprios ATA. Funciona de forma transparente ao usuário, que apenas seleciona o

número IP ou outro número definido na programação para contatar com outra localidade. É uma solução simples e economicamente viável, indicada para o mercado PME (Pequenas e Médias Empresas).

Se, contudo for necessário estabelecer ligações para telefones convencionais da telefonia fixa utilizando-se do VoIP, torna-se necessário um provedor, ou uma operadora ou um servidor VoIP SIP para conexão das chamadas. As operadoras VoIP possuem um Gateway ou Media Gateway, que faz a conversão do tráfego de pacotes IP para tráfego de telefonia comutada, e vice-versa. Essas operadoras cobram uma pequena taxa, que geralmente é muito mais baixa que as taxas cobradas pela telefonia convencional (detalhado no capítulo 4.2). Elas fornecem ao usuário do sistema, além do registro no servidor SIP, um número de identificação na rede, um login e uma senha de autenticação.

Algumas operadoras VoIP cobram a habilitação desse tipo de ligação. Dependendo da operadora também pode haver planos específicos oferecidos ao usuário. Alguns desses planos podem incluir despesas como tarifas para telefones convencionais, mensalidade do serviço para ligações ilimitadas, pacote de créditos no modelo pré-pago, e aquisição ou aluguel de um adaptador ATA para telefones convencionais. A Figura 10 ilustra esta composição, representando, inclusive, as chamadas para telefonia móvel e fixa que caracterizam o tráfego comutado.

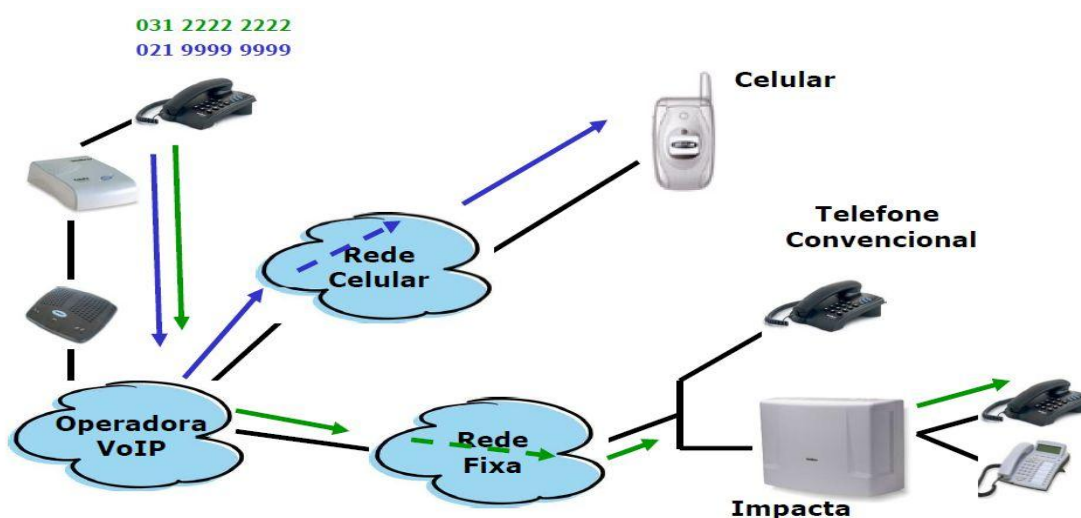


Figura 10 - Uso do VoIP em chamadas do sistema comutado (Intelbrás, 2011).

3.2 EMPRESA X

Para aplicar o conceito do VoIP em uma situação real, toma-se como exemplo uma empresa de médio porte, sendo levantados os seus custos telefônicos atuais. De onde então parte-se para propor uma solução técnica para viabilizar a interconexão de unidades em localidades distintas através de terminais ATA ponto-a-ponto, de forma a demonstrar como a adoção da tecnologia VoIP proporciona redução de custos nas comunicações.

A empresa que receberá a proposta do novo serviço de comunicação preferiu ter seu nome preservado, porém, forneceu todos os dados para servir de modelo no presente trabalho. Será então denominada “Empresa X”, e tem como ramo de atividade a fabricação de esquadrias de PVC e alumínio, estando sediada na cidade de Curitiba no estado do Paraná. A mesma conta com trinta e nove colaboradores diretos. Esta Empresa possui ainda um escritório em Maringá-Pr e outro em Chapecó-Sc, gerando um custo mensal relativamente alto em ligações de longa distância.

A Empresa X possui na sua fábrica um PABX da marca Intelbras modelo Impacta 68, que se utiliza atualmente de 4 linhas analógicas do sistema fixo comutado, gastando mensalmente cerca R\$ 1.660,00 (média dos três últimos meses), com ligações interurbanas, que em sua quase totalidade referem-se à ligações oriundas das comunicações entre a fábrica e seus escritórios regionais.

Com o intuito de reduzir esse gasto, foi idealizada uma interligação entre essas três localidades, através de três terminais ATA, sendo que a fábrica fará suas chamadas a partir de ramais da sua central telefônica, e os demais farão através de aparelhos comuns conectados ao ATA, como representado na Figura número 11.

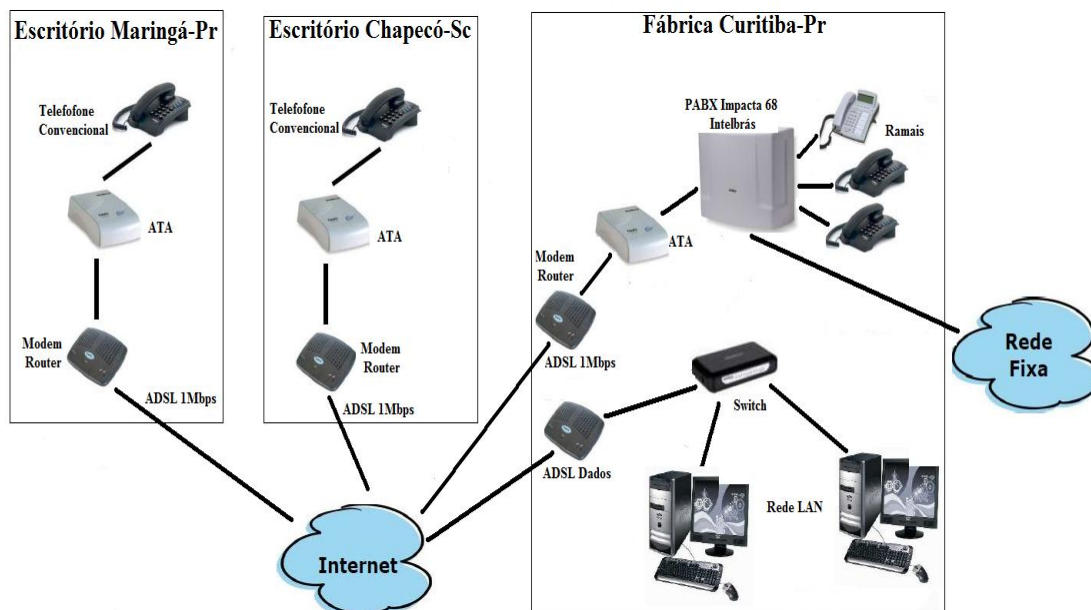


Figura 11 - Solução ponto-a-ponto da Empresa X (Projeto próprio).

Como a comunicação entre elas será ponto-a-ponto, não será necessária a contratação de serviço de operadora VoIP para interconexão com o STFC. Apenas com o objetivo de assegurar excelente qualidade de voz, entretanto, foi considerada a contratação de uma conexão Banda Larga independente, somente para esta finalidade específica. Desta forma, o sistema VoIP não sofrerá nenhuma influência, nem interferirá no atual sistema de rede LAN ou WAN preexistente.

Procurou-se então uma conexão Banda Larga profissional fornecida para o mercado corporativo, que disponibilizasse um IP fixo (e não um atribuído por DHCP), para conexão à Internet. Desta forma, se houver alguma queda eventual de energia da rede elétrica, ou o modem seja desligado por algum motivo, no momento em que o mesmo for religado, reiniciará assumindo o mesmo número IP que estava configurado antes, dispensando qualquer reprogramação dos aparelhos ATA.

Foram então consultadas no dia 18 de outubro de 2011, três operadoras capazes de fornecer uma Internet com IP fixo no pacote mais básico disponível.

A Embratel através do telefone 4004-2101, informou que poderia fornecer uma internet de 1Mbps a um custo fixo de R\$ 499,90, incluindo a linha telefônica para voz.

Já a operadora GVT quando contatada através do telefone 10325, informou que no seu plano Smart Max Light oferece uma internet Banda Larga de 5Mbps a um custo fixo de R\$ 159,47, estando também inclusa a linha para chamadas telefônicas convencionais. Porém, não garantiu que, para o estado de Santa Catarina, forneceria o mesmo serviço com o mesmo plano.

Então, devido às condições de custo, e também à condição de garantia de atendimento similar nos três endereços da Empresa X, a conexão ADSL escolhida foi através da operadora Oi, que quando consultada pelo telefone 0800-0310800 informou que através do seu plano Oi Empresarial, poderia fornecer uma Internet de 1Mbps com o valor de R\$ 49,90 pela Banda Larga mais R\$ 49,90 pelo valor da linha telefônica, totalizando R\$ 99,80 de custo fixo mensal por localidade, além de ainda ofertar 800 minutos de franquia que podem ser utilizados para comunicação local. Todas essas operadoras, entretanto, já incluem o fornecimento do modem para a conexão integrada aos valores praticados.

Aproveitando ainda o contato com cada operadora, procurou-se esclarecer o protocolo de comunicação disponibilizado através da rede de dados para comunicações de voz via endereço IP, e todas chegaram a um consenso de informar que é utilizado somente o protocolo SIP.

Como a maioria dos equipamentos de rede, assim como o adaptador ATA empregado também trabalha com o protocolo SIP, haverá perfeito entendimento na comunicação. Concluiu-se que por ser um protocolo mais fácil de ser trabalhado devido às suas características baseadas em texto, que tornam mais simples suas implementações, existe uma tendência atual do mercado pela adoção do protocolo SIP como padrão, tanto para fabricantes como para empresas operadoras.

Com cada ATA será gasto R\$ 190,00, supondo o uso modelo 2210T da Intelbrás, que foi o mesmo modelo utilizado no teste prático do presente trabalho, cujas descrições e características encontram-se no capítulo número 3.3.



Figura12 - ATA modelo 2210T da Intelbras (Intelbras, 2011).

A central telefônica Impacta 68 da Empresa X possui modularidade de linhas analógicas para 2 troncos por placa de expansão. Sendo assim, para a conexão do ATA na central telefônica, haverá a necessidade de fazer a ampliação de uma placa, que fornecerá a saída do tipo FXO, à um custo de R\$ 165,00.



Figura 13 - Placa de expansão NKM 8320 para PABX Impacta 68 (Bellphone distribuidora).

A instalação física desta solução na matriz da Empresa X, então se iniciaria com a conexão da placa NKM 8320 na posição do slot de tronco nº 5 e 6 da Central Impacta, depois a saída tipo FXS “TEL 1” do ATA seria interligada com a entrada tipo FXO da referida placa de tronco. Depois para finalizar, conecta-se a saída “WAN” do ATA com a entrada ethernet do MODEM, que fornece o acesso à Internet,

como ilustrado na Figura nº 11. Nas filiais, bastaria a conexão de um aparelho telefônico ao ATA, que estaria interligado ao Modem, provendo o acesso de forma semelhante.

Na programação da central PABX, é necessário criar uma rota de tronco com acesso diferenciado para o VoIP. Normalmente o acesso principal é selecionado pela cifra "0", rota um, que no caso vai se utilizar de uma das quatro linhas analógicas de saída para o sistema fixo comutado. Para distinguir esse acesso, poderá então ser criado um feixe de tronco, com o tronco nº 5 sendo reservado ao VoIP, com acesso discando-se "82" por exemplo. Esse código libera o acesso a uma segunda rota, e está definido pelo programa armazenado da central Impacta, propiciando o uso do VoIP desta forma. Lembrando também que é possível por programação limitar-se esse acesso, liberando por ramal quem poderá originar ligações através do VoIP, utilizando-se da rota 2. Outro detalhe a ressaltar é que esse tipo de configuração não altera nem interfere em qualquer outra facilidade que a central telefônica disponibiliza.

A seguir, relaciona-se para ilustrar, determinadas especificações técnicas e facilidades da Central PABX Impacta 68 da Intelbras:

Dimensões:	343,5 x 233 x 111 mm;
DISA:	Atendedor com 08 canais;
Alimentação AC:	Entrada AC: de 90 Vac a 240 Vac - 50 ou 60 Hz Full Range; alimentação dos ramais: -24 Vdc e frequência de campainha em 25 Hz;
VoIP:	2 e 4 canais (Hardware específico);
Proteção elétrica:	Nos troncos, ramais e na alimentação AC contra transientes e oscilações na rede;
Quantidade de TI(s):	8;
Alcance das linhas:	Troncos: 2000 Ohms; ramais 1100 Ohms (incluindo o telefone);
Relógio de tempo real:	Mantém o horário correto para serviços de despertador, hora certa, bilhetagem e tarifação, mesmo na falta de energia;

Numeração dos ramais:	200 a 231 (32 ramais) ou programável para qualquer número;
Na falta de energia:	Linhas 1, 3 e 5 acopladas automaticamente aos ramais 203, 207 e 211 respectivamente;
Sinalização:	Troncos analógicos: decádica ou multifrequencial - tronco digital: R2 digital e RDSI (ISDN);
Potência máxima:	40 W;
Modularidade linhas analógicas:	2 troncos por placa;
Proteção de programação:	Uso de memória flash;
Modularidade ramais mistos:	1 ramal digital + 3 ramais analógicos;
Peso:	1,8 Kg;
Identificador de chamadas:	Identificador DTMF/FSK para todas as linhas;

- Discagem direta a ramal;
- Linha executiva;
- Entroncamento E1 (R2/RDSI);
- Programação via web;
- Siga-me externo;
- Correio de voz;
- Conferência;
- Identificador de chamadas DTMF/FSK incorporado;
- Chamada de emergência;
- Monitoração de ambiente;
- Música de espera (uma fonte externa e uma interna configuráveis);
- Porteiro eletrônico;
- Intercalação;
- Estacionamento de chamadas;
- Programação via PC pela serial (RS 232), USB ou placa Ethernet;
- Pêndulo;
- Plano de numeração flexível;
- Solução para aplicações hoteleiras;

- Acionamento externo;
- Grupo toque múltiplo;
- Transferência;
- Consulta;
- Hora certa;
- Despertador;
- Desvio de chamadas;
- Não perturbe;
- Hotline (interna e externa);
- Senha para os ramais;
- Cadeado;
- Bloqueio de ligações locais, DDD, DDI e celular;
- Bloqueio de ligações a cobrar;
- Acesso às facilidades CPA;
- Bilhetagem;
- Ramal fax;
- Atendimento automático (DISA) incorporado;
- Captura;
- Agenda coletiva;
- Agenda individual;
- Siga-me;
- Soluções CTI (CSTA);
- Rechamada à última ligação dirigida ao seu ramal (pega-trote);
- Rechamada interna;
- Rechamada externa;
- Chefe-secretária;
- Serviço noturno;
- Grupos de ramais;
- Retenção de chamadas;
- Ramal econômico;
- Rota de menor custo;

- Seleção automática de linhas;
- Interface Ethernet;
- Ligações telefônicas IP (VoIP);
- Interface modem;

Será necessária a aquisição de dois aparelhos telefônicos comuns que serão conectados nos escritórios regionais, visto que a fábrica se utilizará dos seus aparelhos já existentes conectados à sua central PABX.

O restante resume-se em programações dos terminais ATA, que estão especificadas no próximo capítulo. Um resumo dos custos totais de implantação da solução completa com equipamentos envolvidos é apresentado na Tabela 05.

Equipamento	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Soma (R\$)
ATA	3	190,00	570,00
Placa Expansão FXO	1	165,00	165,00
Aparelho Telefônico	2	30,00	60,00
Mão-de-Obra Técnica			500,00
Valor Total			1.295,00

Tabela 05 - Custo de implantação (Preços médios praticados no mercado).

Custo médio mensal atual / ligações LDN R\$ 1.660,00	Custo fixo mensal com uso do VoIP R\$ 299,40
Diferença R\$ 1.360,60	

Tabela 06 - Comparativo custos atuais Vs custos com VoIP
(Dedução própria com base no exposto).

Se fizermos uma comparação conforme Tabela 06, calculando a diferença do valor médio gasto atualmente, com a economia proporcionada pelo uso do VoIP após a instalação e as devidas configurações, tem-se um ganho de R\$ 1.360,60 mensal a título

de redução de gasto telefônico para a Empresa X, ou seja, o valor investido na solução poderá ser recuperado integralmente no primeiro mês da sua adoção.

3.3 IMPLANTAÇÃO E CONFIGURAÇÃO

Neste capítulo tem-se uma descrição de como se instala e configura-se o ATA em uma conexão ponto-a-ponto, relatando-se os detalhes de uma implementação efetivamente executada com o intuito de fazer uma avaliação e certificação pessoal do desempenho do sistema, não se utilizando de uma operadora VoIP.

Para esta comprovação, instalou-se nas duas pontas o ATA modelo 2210T de fabricação da Intelbras. Este equipamento possui também a função de roteador, o que permite criar e gerenciar uma pequena rede de computadores, além de disponibilizar um recurso de QoS de priorização de voz que resulta numa melhor qualidade do tráfego de dados e voz. Para a devida instalação, torna-se necessária uma conexão do ATA e um computador a um acesso de Internet banda larga. A conexão do ATA também poderia ser feita através de um hub ou switch ligado ao modem roteador. A rede pode estar conectada à Internet de três maneiras distintas:

- Autenticação da Internet pelo modem (roteador);
- Modem configurado como Bridge (ponte);
- Autenticação da Internet por Modem ou Roteador (estático);

É necessário verificar, entretanto em qual desses três modos a rede/computador se encaixa para que a configuração do ATA possa ser feita adequadamente.

A situação testada em específico foi um ponto-a-ponto entre duas residências, onde a autenticação da internet ficou por conta do modem. No caso foi um SBV5122 da Motorola com uma linha ADSL de 1Mbps de velocidade contratada em uma das extremidades, que convencionamos chamar aqui de “LADO A”. Na outra extremidade, também utilizando outro modem Motorola, só que dessa vez o modelo SBV5121, com uma linha ADSL contratada de 5Mbps, sendo denominada “LADO B”. Conforme Figura número 14.

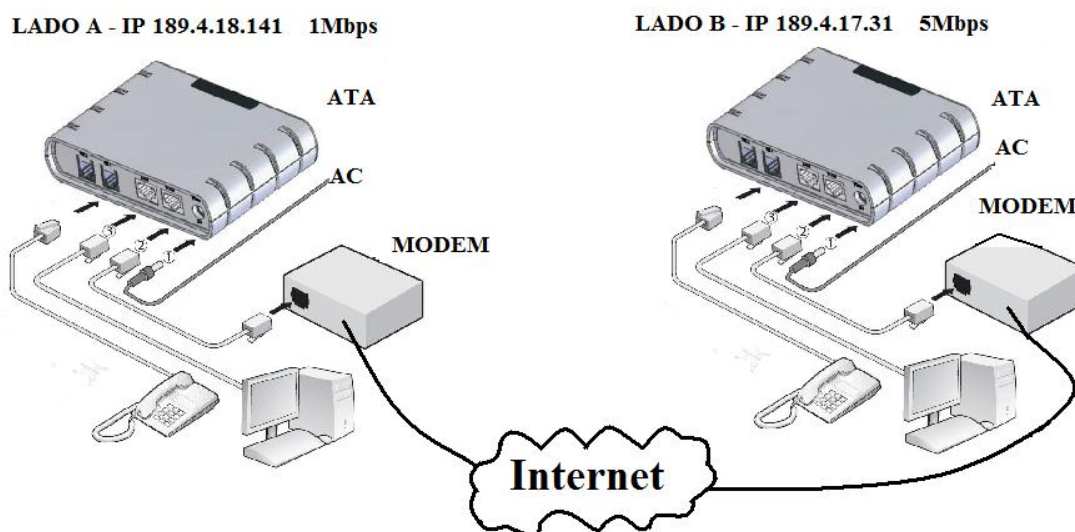


Figura 14 - Cenário da experiência prática (Implementação própria).

3.3.1 Especificações Técnicas do ATA 2210T

- Interface WAN 1 x RJ 45 → 10/100BASE-T;
- Interface LAN 1 x RJ 45 → 10/100BASE-T;
- Interface FXS → Canal de voz 2 x RJ11;
- Fonte de Alimentação → Entrada: 100 a 240 VCA 50-60 Hz, Saída: +5 VCC, 2A;
- Dimensões → 127,86 x 94,35 x 32,50 mm;
- Peso → 147,92 g;
- Temperatura operacional → 0 a 45° C;
- Umidade operacional → 0% a 85%;
- Umidade de armazenamento → 5% a 90%;
- Suporte a Codec como G.711, G.723, G.729, G.726 e iLBC;
- Suporta configuração via menu de voz, navegador Web ou configuração de arquivo central através de servidor TFTP, HTTP e HTTPS;
- Atualização de firmware localmente;
- Passagem de fax G711 e T.38;

- Suporte a supressão de silêncio, VAD (Detecção de Atividade de Voz), CNG (Geração de Ruído de Conforto), cancelamento de eco (G.165, G167 e G168) e PLC (Cancelamento de Perda de Pacote);
- Atravessamento automatizado de NAT sem manipulação manual do firewall/NAT;
- Suporta identificação DTMF e FSK;
- Suporta gerenciamento e configuração remota;

Entre as diversas especificações desse equipamento, destacamos a que ele se utiliza do protocolo T.38, que o torna capaz de transmitir e receber mensagens de FAX mesmo estando em uma comunicação por VoIP. Necessitando, entretanto a condição que a máquina que esteja do outro lado também opere com o mesmo protocolo, para haver entendimento na comunicação.

3.3.2 Roteiro da Instalação

A instalação física obedeceu aos seguintes passos:

- A. Conexão da fonte de alimentação na entrada PWR. LED *Power* acendeu;
- B. Conexão da porta WAN do GKM 2210 T ao seu acesso à internet (porta ethernet do modem). LED WAN acendeu;
- C. Conexão da porta LAN à placa de rede do PC. LED LAN acendeu;
- D. Conexão de um aparelho telefônico na saída do tipo FXS TEL 1 do ATA.

Como nesta configuração o modem está configurado como servidor DHCP, o ATA recebe um IP fornecido para a porta WAN, que foi informado pelo próprio ATA quando foi discado no aparelho telefônico conectado na porta TEL1, o código *****20#**, que corresponde no menu audível ao status da rede. Esse status informa o endereço IP, o Gateway e a máscara de sub-rede. Estas informações são importantes para ativação do mesmo.

3.3.3 Configuração do ATA

Após serem feitas as conexões físicas nas duas localidades, e serem obtidos os números IP dinâmicos de cada ponta, que no caso para o LADO A foi o número IP 189.4.18.141, e para o LADO B foi o número IP 189.4.17.31, partiu-se então para a programação do(s) ATA(s) visando efetivação da comunicação.

Em cada PC foi digitado no navegador Web: <http://10.10.10.1> que é o IP de LAN padrão de fábrica para acessar a página de configuração do ATA. Uma janela foi aberta conforme mostrado na Figura 15. Nesta janela foi preenchido como nome de usuário e senha: admin, admin, igualmente para os dois lados.



Figura 15 - Tela de entrada em programação do ATA
(Manual técnico Intelbrás, 2011).

A página Home (Figuras 16 e 17) foi exibida logo após o ATA autenticá-lo. Nesta página foram apresentadas algumas informações referentes às interfaces, versão do software, número IP, e status das contas VoIP dos usuários.

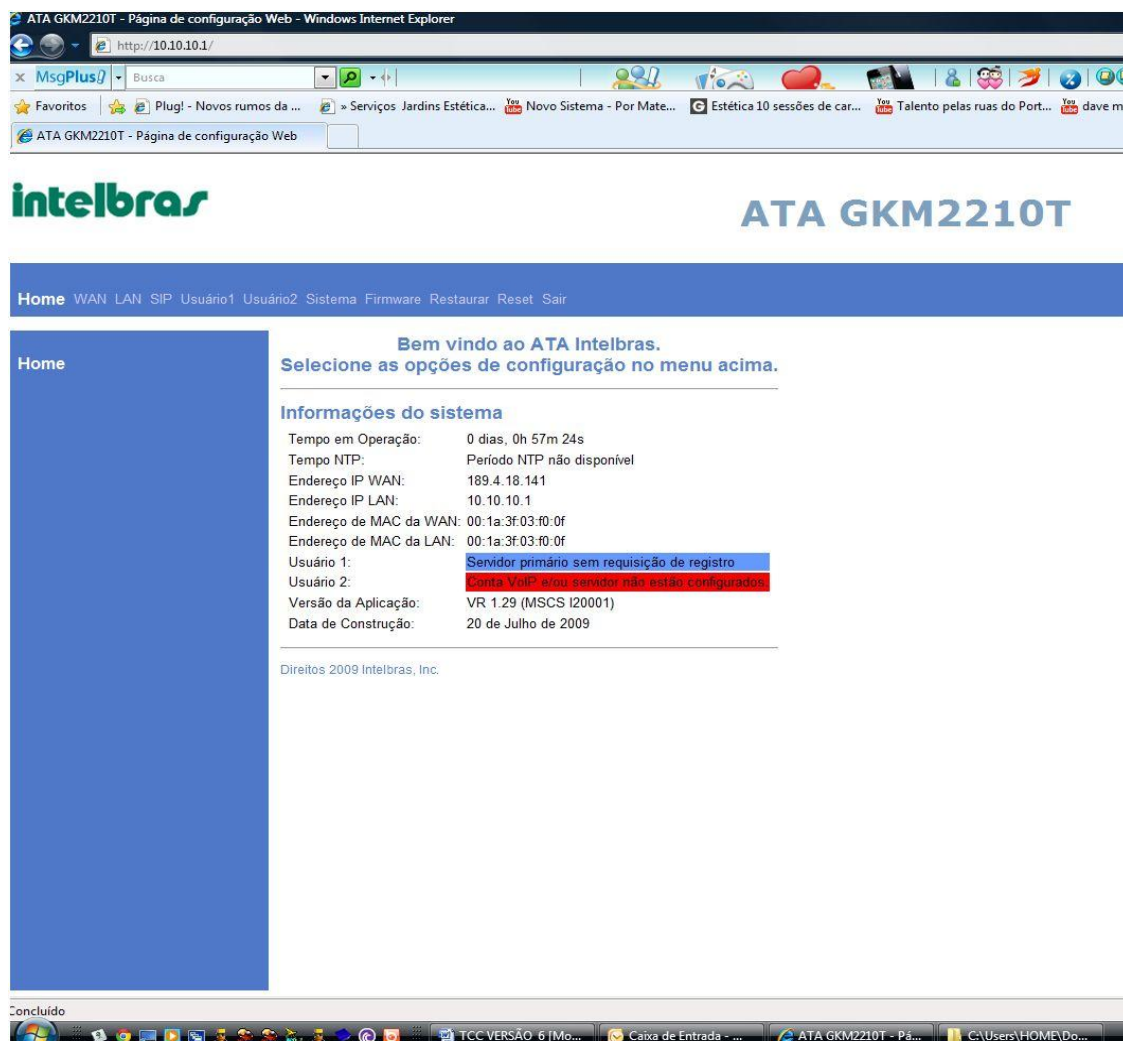


Figura 16 - Tela Home LADO A (Tela obtida na experiência prática).

O campo Usuário 1 está em azul alertando a falta de requisição de registro, pois neste ponto já foi detectada a presença de um usuário que necessita configurações de identificação para ser registrado e poder receber ligações no sistema.

Nota-se ainda na figura 16 um campo de cor vermelha referente ao Usuário 2 que não estará sendo configurado nesta situação.

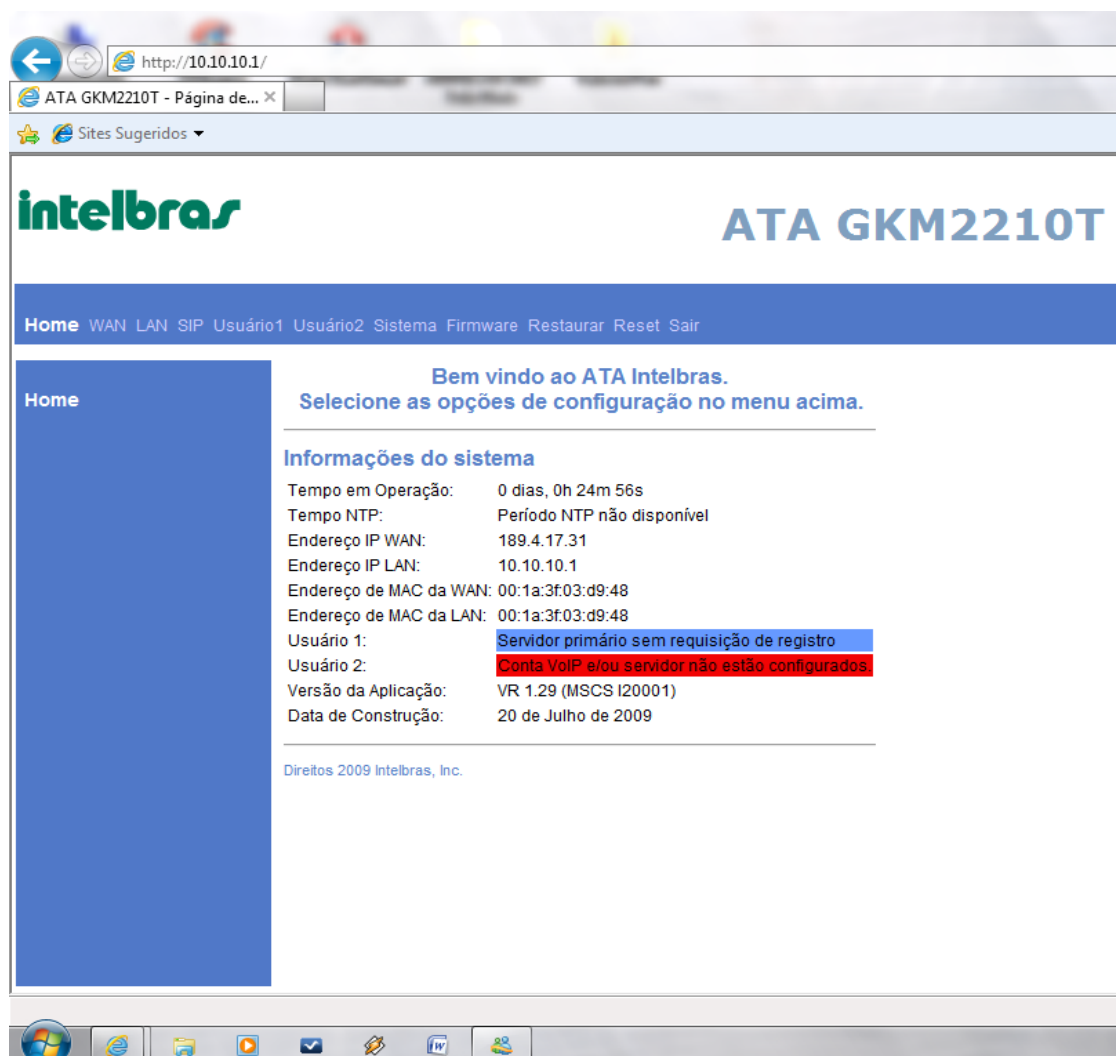


Figura 17 - Tela Home LADO B (Tela obtida na experiência prática).

O próximo passo foi selecionar “Usuário 1” para realizar as configurações VoIP, em que apareceu a tela de Configurações do Servidor SIP. Nas Figuras 18 e 19 podem ser conferidos os dados programados, que na verdade foi o único local em que foram inseridas informações para satisfazer a interligação ponto-a-ponto da experiência proposta.

Em servidor primário, no campo de endereço IP, cada usuário subscreveu o endereço IP da extremidade oposta. A opção enviar registro foi desmarcada, o tempo de expiração foi preenchido com o valor 3600 segundos, e por fim em conta VoIP, o número de telefone e identificador foram arbitrados com os números 7950 para os dois campos. Este foi um número escolhido aleatoriamente e irá corresponder exatamente ao número de chamada telefônica VoIP do ATA para o LADO A.

ATA GKM2210T - Página de configuração Web - Windows Internet Explorer

http://10.10.10.1/

MsgPlus/ Busca

Favoritos Plug! - Novos rumos da ... » Serviços Jardins Estética... Novo Sistema - Por Mate... Estética 10 sessões de car... Talento pelas ruas do Port... davi

ATA GKM2210T - Página de configuração Web

intelbras **ATA GKM2210T**

Home WAN LAN SIP **Usuário1** Usuário2 Sistema Firmware Restaurar Reset Sair

VoIP

Configurações
Telefone
Plano de Discagem
Tons
Ring
Facilidades
Agenda

Configurações do Servidor SIP

Servidor SIP: Primário

Endereço: 189.4.17.31 (IP ou FQDN)

Porta: 5060

Nome de domínio:

Enviar registro de Requisição: ☐

Tempo de expiração: 3600 segundos

IP do Servidor Proxy Outbound: (IP ou FQDN)

Porta do Servidor Proxy Outbound: 5060

Conta VoIP

Número de telefone	Identificador de chamada	Porta	Nome do Usuário	Senha
7950	7950	5060		

Portas RTP

5000 ~ 65535 (5000~65535)

Configuração NAT

☒ Nenhuma

☐ Usar IP para NAT: (IP ou FQDN)

☐ IP do Servidor STUN: (IP ou FQDN) Porta do servidor STUN:

Salvar Cancelar

TCC VERSÃO 6 [Mo... Caixa de Entrada - ... ATA GKM2210T - Pá... C:\Users\HOME\Do...

Figura 18 - Tela VoIP de configuração de usuário LADO A (Tela obtida na experiência prática).

No LADO B foi arbitrado o número de telefone e identificador como 3360, também de forma aleatória e corresponderá exatamente ao seu número de chamada telefônica VoIP.

http://10.10.10.1/

ATA GKM2210T - Página de...

Sites Sugeridos

intelbras ATA GKM2210T

Home WAN LAN SIP **Usuário1** Usuário2 Sistema Firmware Restaurar Reset Sair

VoIP

- Configurações
- Telefone
- Plano de Discagem
- Tons
- Ring
- Facilidades
- Agenda

Configurações do Servidor SIP

Servidor SIP : Primário

Endereço: 189.4.18.141 (IP ou FQDN)

Porta: 5060

Nome de domínio:

Enviar registro de Requisição: ☐

Tempo de expiração: 3600 segundos

IP do Servidor Proxy Outbound: (IP ou FQDN)

Porta do Servidor Proxy Outbound: 5060

Conta VoIP

Número de telefone	Identificador de chamada	Porta	Nome do Usuário	Senha
3360	3360	5060		

Portas RTP

5000 ~ 65535 (5000~65535)

Configuração NAT

☒ Nenhuma

Figura 19 - Tela VoIP de configuração de usuário LADO B (Tela obtida na experiência prática).

4 ANÁLISE

4.1 AVALIAÇÃO PERCEBIDA DE DESEMPENHO

Concluída a configuração da implementação prática, foram então realizadas diversas ligações no sentido de apurar a qualidade da comunicação. Do ponto de vista de usuário falando em um telefone convencional, a percepção que se teve foi de voz com qualidade perfeita de forma bidirecional, levando-se em conta que os testes foram feitos em ambiente residencial, em horário tranquilo, em torno das 22h30min do dia 25 de novembro, com baixíssimo tráfego. Praticamente havia somente os pacotes da conversação na rede.

Induziu-se então um tráfego de dados mais intenso na rede no LADO A, utilizando para isso o programa Torrent, que opera com um protocolo para download muito utilizado na Internet, o BitTorrent, que baixa e envia simultaneamente arquivos de jogos ou músicas por exemplo, em regime de compartilhamento desses arquivos com outros hosts de rede. O resultado foi conforme o esperado. Esse lado da rede sofreu uma queda na qualidade da transmissão. A voz começou a “picotar” (falhar), mas a conversação era até compreensível, embora com uma certa dificuldade. A voz do lado oposto continuou sendo transmitida de forma normal.

Desativando o Torrent, e voltando à situação inicial sem tráfego, a média das velocidades apuradas no transcorrer da chamada VoIP, ou seja, enquanto eram trocados pacotes de voz foram: 0,943Mbps de download para 0,253Mbps de upload com 16,3ms de latência para o LADO A.

O LADO B, que teve como média de velocidades 4,943Mbps de download e 0,512Mbps de upload com 16,3ms de latência.

Este experimento demonstrou que para o caso sem tráfego de dados, o tráfego da voz sobre IP mostrou-se com excelente qualidade percebida entre os interlocutores, e também se pode constatar que a velocidade desta transferência de pacotes não sofreu nenhum decréscimo com o uso do VoIP na rede.

4.2 COMPARATIVOS DE CUSTOS STFC x VoIP

Para o caso do sistema analisado poder ter a possibilidade de originar ligações para telefones convencionais do STFC, torna-se necessária a operação conjunta com uma operadora de telefonia VoIP. A Tabela 07 compara chamadas entre determinadas operadoras fixas convencionais e determinadas operadoras VoIP. Um dos grandes atrativos da tecnologia VoIP é sem dúvida o custo reduzido das ligações telefônicas.

As operadoras citadas foram pesquisadas diretamente em seus respectivos sites, para obtenção dos dados que serviram de base para esta análise. A diferença encontrada entre os valores se torna clara e evidente. Com relação às operadoras de telefonia fixa, os valores afixados são do pacote básico, considerando horário normal e sem redução.

Observa-se ainda que existe um adicional da assinatura básica ou de uma franquia contratual cobrada pelas operadoras PSTN.

	Operadora de telefonia Fixa			Operadora de telefonia VoIP		
	Oi + assinatura 29,31→ resid. 43,78→ não resid.	GVT +assinatura 28,35	EMBRATEL NET FONE Franquia 40,15	UNIVOIP Carga créditos Mínimo = 15,00	TELEFREE Carga créditos Mínimo = 10,00	PLUGFREE Carga créditos
Local	0,232	0,172	0,13	0,10	0,06	0,09
Interurbano	0,388 (<300km) 0,402 (>300 km)	0,896 Até 2 minutos	0,29	0,169	0,12	0,14
Celular Local	Não disponibilizado	0,936	0,88	0,59	0,59	0,60
Celular Interurbano	Não disponibilizado	1,630	1,62	0,59	0,65	0,60

Tabela 07 - Comparativo de custos telefonia fixa e telefonia VoIP
(Pesquisa Internet dia 22/07/2011).

Já nas operadoras VoIP, como o tráfego é puramente de dados, de uma forma geral não existem distinções significativas entre planos, horários ou distâncias das chamadas. A maioria delas opera com sistema pré-pago, para cobrir os custos da interconexão com a telefonia fixa, onde desta forma o usuário adquire créditos e usa sob sua demanda.

Também fica a critério de cada usuário se seu terminal de comunicação será um ATA, um IPphone ou um softphone. Nos sites dessas operadoras, inclusive, são oferecidos gratuitamente softwares para download desses produtos, além de orientações de configurações específicas para a opção desejada pelo usuário.

A implementação do VoIP nas empresas cria ilhas de rede de voz sobre IP. As localidades distantes são interconectadas com uma rede IP corporativa pela qual a voz é transmitida. Para se comunicar com a RTPC é necessário que, em alguma das localidades, seja instalado um *gateway* que transforma os padrões de uma rede para os da outra.

5 CONSIDERAÇÕES

Pequenas empresas e pessoas que trabalham em casa continuarão a ser os grandes impulsionadores dos serviços de telefonia sobre banda larga até 2015, de acordo com novo estudo da In-Stat, divulgado em 25 de julho de 2011. A previsão é de 83% de crescimento no período, já que os escritórios domésticos e pequenas empresas continuam a adotar esses serviços.

"A telefonia IP sobre banda larga oferece uma série de vantagens para as pequenas empresas e escritório domésticos, sendo a principal as baixas tarifas para ligações de longa distância", diz Greg Potter, analista da In-Stat. "Infelizmente esse serviço não fornece a escalabilidade associada às soluções de PBX hospedado e IP. Também não costuma incorporar acordos de nível de serviço (SLA) e de qualidade de serviço (QoS) oferecidas por outras soluções, que são requisitos gerais para empresa grandes e médias." A pesquisa também prevê que aplicativos baseados em VoIP vão aumentar mais de 50% até 2015, sendo que empresas médias (que tem entre 100 e 999 empregados) farão os maiores gastos no segmento.

"O crescimento do VoIP e Telefonia IP é um dos fatores mais importantes na previsão de perda, até 2015, de 2,8 por cento por ano na receita local das Operadoras no Brasil, bem como um decréscimo anual de 7,9 por cento na receita de longa distância", observa José Roberto Mavignier, analista de Indústria da empresa de consultoria Frost & Sullivan . "Analisando a resposta do usuário final, Frost & Sullivan encontrou redução de custos como sendo o fator mais relevante para a crescente adoção de VoIP no Brasil. Porém, Mavignier ressaltou que: "Acima de tudo, a qualidade das chamadas tem que ser impecável, a fim de atrair e reter os usuários de telefonia fixa."

As operadoras de telefonia que ainda não oferecem serviços de VoIP e/ou Telefonia IP, pretendem aumentar suas participações neste mercado, e já se preparam para acirrar a competição, investindo em redes e marketing.

Este trabalho ateve-se à implantação de VoIP em uma PME. Contudo, as vantagens dos usuários residenciais ou corporativos das PME serão mais significativas quando for implantada a Telefonia IP, com um aparelho IP que permita explorar todas as potencialidades que a integração entre dados e voz pode oferecer. O primeiro desafio será oferecer serviços adicionais a preços compatíveis. Pela situação de competição entre operadoras, a oferta de novas funcionalidades sem ônus será um diferencial capaz de atrair qualquer tipo de consumidor. Segundo Steinberg e Southwick (2003), há no mundo mais de 1 bilhão de usuários de telefone. Todos eles potenciais candidatos a usuários da Telefonia IP. Desses usuários, somente 20% possuem computador com acesso à internet. Portanto, há um mercado extremamente significativo a ser explorado para implementação da Telefonia IP.

6 CONCLUSÃO

Fator preponderante para o progresso e desenvolvimento de qualquer sociedade, a convergência de tecnologias de comunicações viabiliza a Internet para estabelecimento de chamadas telefônicas.

A utilização de VoIP, como um primeiro estágio de convergência, para interconectar escritórios remotos de uma mesma corporação reduz significativamente o custo com telefonia, possibilitando efetuar chamadas de longa distância a custo local, além da integração de dispositivos móveis com telefonia fixa.

Neste trabalho foi verificado que, ao se implementar VoIP em uma PME com as características da empresa referenciada neste trabalho, com quase a totalidade (90%) das ligações sendo efetuada entre suas filiais, obtém-se uma redução imediata de 82% nos custos de telefonia.

Além dessa significativa redução, o custo do investimento inicial é recuperado em um mês, havendo também, com a agregação de voz e dados em uma mesma rede, redução no custo mensal de manutenção e operação, o qual é menor do que a soma dos custos considerados de forma separada.

Verifica-se também que, caso fossem integradas ao VoIP não só as ligações IU entre as filiais, mas todas as ligações telefônicas da PME constante deste trabalho, isto é, supondo acesso à RPTC para os 10% restantes das ligações, haverá nestes uma redução adicional de 50% dos custos com chamadas locais e de 66% dos custos com chamadas LDN de telefonia fixa; e uma redução adicional de 33% dos custos com chamadas locais e 40% dos custos com chamadas LDN de telefonia celular.

Há que se ressaltar, contudo, que a implementação de VoIP passa necessariamente pela avaliação do grau de utilização da rede de dados da empresa, visando a não degradação da qualidade da telefonia.

Verificados os aspectos de viabilidade técnica e econômica da utilização da tecnologia VoIP, a sua implantação é simples e rápida, com equipamentos homologados disponíveis no mercado, possibilitando desta maneira uma redução imediata dos custos de telefonia de uma PME, agregando eficiência e flexibilidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adaptador VoIP, Disponível em: <<http://tudo-sobre-voip.com.br/adaptador-voip.html>>
Acesso em: 08 ago. 2011, 01:33:00.

ALVES, C.A.S.A. **VOIP voz sobre IP** TCC FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS DE MINAS, 2004 Disponível em:
<<http://www.si.lopesgazzani.com.br/.../Monografia%20VoIP%20JULHO%202004>>
Acesso em: 17 jun. 2011, 19:51:30.

Anatel, Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do#>>
Acesso em: 28 jul. 2011, 13:28:00.

ATA 2210T, Disponível em:
<<http://www.intelbras.com.br/Produtos/Telecomunicacoes/Terminais/Terminais-IP/ATA-GKM-2210-T>> Acesso em: 23/11/2011. Acesso em: 23 nov. 2011, 01:30:40.

CHOWDHURY, Dhimand **Projetos Avançados de Rede IP Roteamento, qualidade de serviço e voz sobre IP**. RJ Editora Campus, 2001. 380p.

Codec, Disponível em:
<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialcorpvoip2/pagina_3.asp> Acesso em: 18 set. 2011, 23:51:00.

COLCHER, S. et AL **VOIP: Voz sobre IP** RJ, Elsevier, 2005 Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=lang_pt&id=O9PlCFQf55MC&oi=fnd&pg=PR21&dq=voip:+voz+sobre+ip&ots=UD8QLNPiE_&sig=v1BfM0Vrn6MXXkYf0nS_Jxkk1ps#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 10 ago. 2011, 23:00:00.

DAVID, F. **Ferramentas de Monitoração Ativa e Passiva para Avaliação da Qualidade de Redes VoIP** Dissertação de mestrado UFRJ, 2003 Disponível em:
<http://www.voip.nce.ufrj.br/pg_voip/publication/2003/tese-fabio.pdf> Acesso em: 15 jun. 2011, 23:20:30.

FERNANDES, N.L.L.F. **Voz sobre IP: uma visão geral** Universidade Santa Cecília-UNISANTA, 2000 Disponível em:
<http://professores.unisanta.br/.../downloads%5CTelematica%5CCom_Dados>
Acesso em: 15 jul. 2011, 17:10:00.

Frost & Sullivan, Disponível em:
<<http://www.frost.com/prod/servlet/pressrelease.pag?ctxixpLink=FcmCtx5&searchQuery=america+voip&bdata=aHR0cDovL3d3dy5mcm9zdC5jb20vc3JjaC9jYXRhbG9nLXNlYXJjaC5kbz9jb250ZW50VHlwZXNM9Q1gwNSZxdWVyeVRleHQ9YW1lcmljYS50b2lwQH5AU2VhcmNoIFJlc3VsdHNAfkAxMzExMTAwMjU1MTM2&docid=138815909&ctxixpLabel=FcmCtx6>> Acesso em: 03 ago. 2011, 16:25:00.

FOROUZAN, Behrouz A. **Protocolo TCP/IP**, terceira edição. Editora: McGrawHill, 2008. 667-675 p.

GOMES, Anderson Ferreira. **Qualidade de Serviço em Voip (Voz sobre IP)**. Disponível em: <<http://www.ccet.unimontes.br/arquivos/monografias/66.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2011, 21:39:00.

HERSENT, Olivier; GURLE, David; PIERRE Petit, Jean. **IP Telephony**. São Paulo: PrenticeHall, 2002. 451p. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=gC0U-nDGvvsC&pg=PA160&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 28 jun. 2011, 09:29:01.

Impacta 68, Disponível em: <<http://www.intelbras.com.br/Produtos/Telecomunicacoes/Centrais/Hibridas/Impacta-68>> Acesso em: 23 nov. 2011, 02:00:00.

In-Stat, Disponível em: <<http://sports.tmcnet.com/news/2011/07/25/5658648.htm>> Acesso em: 15 jul. 2011, 20:16:05.

KUROSE, James FROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet** São Paulo Addison Wesley, 2003. 548p.

LAMAS, R.M.L.S **Avaliação de codificadores de voz em ambiente VOIP** UFRJ 2005 Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/codec/index.html> Acesso em: 15 jun. 2011, 16:30:00.

LEITE, Luciana. **Informações sobre VOIP**. 2007. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/luciana/index.htm>. Acesso em: 19 jun. 2011, 23:00:59.

MELO, M.C.S e CÁRIO, S.A.F **Trajetória tecnológica do setor de telecomunicações no Brasil: a tecnologia** Disponível em: <http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/XI_ANPECSul/artigos_pdf/a4/ANPEC-Sul-A4-16-trajetoria_tecnologica_d.pdf> Acesso em: 20 jul. 2011, 22:30:00.

MOURA, N.T. **Análise de múltiplas fontes VOIP adaptativas** UF Fluminense, 2007 Disponível em: <<http://www.ic.uff.br/PosGraduacao/Dissertacoes/347.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2011, 12:30:40.

QoS em redes, Disponível em: <http://tede.unifacs.br/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=73> Acesso em: 02 ago. 2011, 22:32:07.

Regulação VoIP, Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/rodney_peixoto/voip.html> Acesso em: 25 jul. 2011, 08:52:00.

SANTANA, H. **Qualidade de serviço (QoS) em redes IP Princípios básicos, parâmetros e mecanismos** Universidade santa Cecília- UNISANTA, 2006 QoS em redes, Disponível em:
<http://tede.unifacs.br/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=73> Acesso em: 02 ago. 2011, 22:32:07.

SILVA, Adailton **Qualidade de Serviço em VoIP – Parte I.** RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. 12 de maio de 2000. Vol.4 Número 3. Disponível em:
<http://www.rnp.br/newsgen/0005/qos_voip1.html> Acesso em: 10 ago. 2011, 14:14:00.

SILVA, Antônio Eugênio. **Avaliação dos Serviços CES e VLL para tráfego com taxa de bits constante em redes multisserviço.** 2003. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília/DF.

SITOLINO, C.L. **VOIP: um estudo experimental** Dissertação de mestrado da UFRS, 2001 Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3182>> Acesso em: 07 ago. 2011, 13:22:15.

SITOLINO, C.L. e ROCHOL, J. **Voz sobre IP (VOIP) um estudo experimental** Disponível em: <<http://www.projetoderedes.kit.net>> Acesso em: 01 ago. 2011, 10:28:00.

SOARES, Liliam C./ FREIRE, Victor A. **Redes Convergentes.** Editora: Alta Books Ltda, 2002. 63-70 p.

Softswitches, Disponível em: <<http://informatica.hsw.uol.com.br/voip3.htm>> Acesso em: 04 ago. 2011, 16:15:40.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**, quarta edição. Editora: Campus, 2010. 47-60 p.