

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI  
CAMPUS PROFESSOR ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ANTÔNIO DE OLIVEIRA CACAU JÚNIOR

VIABILIDADE DE UMA APLICAÇÃO VOZ SOBRE IP FUNDADA NO  
SOFTWARE LIVRE ASTERISK EM CASOS EMPRESARIAIS

**Biblioteca UESPI - PHB**  
Registro Nº M591  
CDD 004.6  
CUTTER C.118V  
V \_\_\_\_\_ EX. 01  
Data 09 10 2011  
Visto Para

**ANTÔNIO DE OLIVEIRA CACAU JÚNIOR**

**VIABILIDADE DE UMA APLICAÇÃO VOZ SOBRE IP FUNDADA NO  
SOFTWARE LIVRE ASTERISK EM CASOS EMPRESARIAIS**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Computação.

Orientador: Prof. Esp. Marcelo da Costa Silva.

Coorientador: Prof. Esp. Mayllon Veras da Silva.



### Ata de Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso

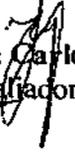
Aos vinte dias do mês de agosto de dois mil e onze, às 9h30, na Sala de Vídeo do Campus Prof. Alexandre Alves Oliveira (Parnaíba) – UESPI, na presença da banca examinadora, presidida pelo professor Marcelo da Costa Silva e composta pelos seguintes membros: Jaclason Machado Veras e Jean Carlo Galvão Mourão, o aluno Antônio de Oliveira Cacau Junior apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação como elemento curricular indispensável à colação de grau, tendo como título: **Viabilidade de uma Aplicação Voz sobre IP Fundada no Software Livre: Asterisk, em casos empresariais**. A banca examinadora reunida em sessão reservada deliberou e decidiu pelo resultado de **aprovado** ora formalmente divulgado ao aluno e aos demais participantes. Nada mais havendo a tratar, eu professor Marcelo da Costa Silva na qualidade de presidente da banca lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais membros e pelo aluno apresentador do trabalho. Parnaíba (PI), 20 de agosto de 2011.

OBS.:	

#### Banca Examinadora

  
Prof. Esp. Marcelo da Costa Silva  
Orientador, UESPI

  
Prof. M.Sc. Jaclason Machado Veras  
Avaliador, UFPI

  
Prof. Esp. Jean Carlo Galvão Mourão  
Avaliador, FAP

#### Aluno

  
Antônio de Oliveira Cacau Junior

Dedico aos meus pais, irmãos e a minha namorada Bárbara Helen com todo meu amor, por toda compreensão, amor e incentivo que me deram ao longo dessa caminhada.

## AGRADEÇO ESTE TRABALHO

Primeiramente a Deus pela oportunidade nesta vida do aprimoramento profissional e espiritual, pelas forças para continuar nessa jornada;

Ao Professor Orientador Marcelo da Costa Silva e ao Coorientador Mayllon Veras da Silva pela confiança e orientações;

Aos amigos da instituição Zilda Aguiar, Silvana Maria, Vânia Maria e Ricardo Souza, pelo carinho e incentivo;

A todos os professores do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí;

A toda minha equipe de trabalho do Banco do Brasil de São Bernardo – MA pelo apoio;

Aos colegas e amigos conquistados, pela convivência e aprendizado nesses quatro anos.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o estudo sobre a aplicação da tecnologia de transmissão de Voz sobre IP (VoIP) e o uso do programa de código aberto Asterisk, em casos empresariais. Para tanto, parte-se de uma metodologia qualitativa, de cunho exploratório e descritivo, analisando-se inicialmente: a telefonia com sua síntese histórica, digitalização da transmissão, convergência orientada para pacotes IP (*Internet Protocol*), digitalização da voz, centrais telefônicas e de comutação, e protocolos da camada de transporte, entre outros. Logo depois, relata-se sobre Voz sobre IP (VoIP) com: um breve histórico a seu respeito, tipos de implantação, benefícios de sua transmissão, obstáculos, equipamentos e seus protocolos. Finalmente, é revelado o Asterisk com: suas características, fundamentos essenciais, sua comunidade, a relação custo/benefício, sua arquitetura, seus requisitos mínimos, umas justificativas para adotar Asterisk nas empresas e chega-se às considerações da viabilidade de sua aplicação, bem como trabalhos futuros. Adianta-se que se trata de tecnologias inovadoras e de baixos custos tendo como proposta demonstrar a viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP (VoIP) fundada no *software* livre Asterisk, em casos empresariais.

**Palavras-chave:** Voz sobre IP. Convergência. Asterisk. Viabilidade Empresarial.

## ABSTRACT

This paper presents a study on the application of technology for transmitting Voice over IP (VoIP) and using the open source program Asterisk in business cases. To this end, it starts from a qualitative methodology, a exploratory and descriptive nature, analyzing first: the phone with his historical overview, scanning transmission, convergence-oriented packet Internet Protocol (IP), voice scan, call centers and switching, and transport layer protocols, among others. Soon after, it is reported on Voice over IP (VoIP) with: a brief history of him, deployment types, benefits of its transmission, obstacles, equipment and its protocols. Finally, it is revealed with Asterisk: their characteristics; essential foundations, its community, the cost / benefit relation, its architecture, its minimum requirements, some justification for adopting Asterisk in business and comes to the considerations of the feasibility of their implementation in business cases, as well as future work. It states that it is innovative and cost effective proposal as having demonstrated the feasibility of implementing a Voice over IP (VoIP) based on Asterisk open source software in business cases.

**Keywords:** Voice over IP. Convergence. Asterisk. Business Viability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sistema Telefônico Convencional .....	16
<b>Figura 2:</b> Empresa com integração entre voz e dados .....	20
<b>Figura 3:</b> Rede convergida fim a fim.....	21
<b>Figura 4:</b> Cabeçalho UDP.....	24
<b>Figura 5:</b> Processo de digitalização da voz.....	26
<b>Figura 6:</b> CODECs mais relevantes.....	27
<b>Figura 7:</b> Comparativo: G1-VoIP X Operadoras de Telefonia Convencional .....	34
<b>Figura 8:</b> ATA .....	38
<b>Figura 9:</b> Softphone X-Lite .....	39
<b>Figura 10:</b> Telefone IP Cisco.....	40
<b>Figura 11:</b> Início da conexão pela sinalização do usuário para a rede .....	41
<b>Figura 12:</b> Diagrama de uma chamada Asterisk.....	48
<b>Figura 13:</b> Arquitetura básica do Asterisk.....	52
<b>Figura 14:</b> Placa XP100P .....	53
<b>Figura 15:</b> Placa TDM400P.....	54
<b>Figura 16:</b> Aplicação VoIP baseada em uma aplicação Asterisk de software aberto <i>freeware.</i> .....	57

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Codecs.....	27
<b>Quadro 2:</b> Viabilidade: vantagens x desvantagens no segmento empresarial.....	56

## LISTA DE SIGLAS

<b>AGI</b>	Asterisk Gateway Interface.
<b>ATA</b>	Adaptador de Telefone Analógico.
<b>API</b>	Application Program Interface.
<b>Bits</b>	Menor unidade de informação usada na Computação e na Teoria da Informação.
<b>CODEC</b>	Codificador/Decodificador.
<b>CPU</b>	Unidade Central de Processamento.
<b>DARPA</b>	Defense Advanced Research Project Agency.
<b>DoD</b>	Departamento de Defesa dos Estados Unidos.
<b>DSP</b>	Processador de Sinais Digitais.
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol.
<b>FXO</b>	Foreign eXchange Office.
<b>FXS</b>	Foreign eXchange Subscriber.
<b>GPL</b>	GNU General Public License.
<b>HTTP</b>	HyperText Transfer Protocol.
<b>IAX2</b>	Inter-Asterisk eXchange.
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force.
<b>IP</b>	Internet Protocol.
<b>ITU-T</b>	Seção de Padronização da área de Telecomunicações do ITU.
<b>KS</b>	Key-Systems.
<b>LAN</b>	Local Área Network.
<b>Mbps</b>	Mega bits por segundo.
<b>MCU</b>	Multipoint Control Unit.
<b>MGCP</b>	Media Gateway Controller Protocol.
<b>MMUSIC</b>	Multiparty Multimedia Session Control.
<b>PABX</b>	Private Automatic Branch eXchange.
<b>PBX</b>	Private Branch Exchanges.
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation.
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network.
<b>QoS</b>	Quality of Service.
<b>RFC</b>	Request for Comment.
<b>RTCP</b>	Real Time Control Protocol.

<b>RTP</b>	Real Time Transport.
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol.
<b>SMTP</b>	Simple Mail Transfer Protocol.
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol.
<b>STFC</b>	Sistema de Telefonia Fixa Comutada.
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol.
<b>TDM</b>	Multiplexação por divisão de tempo.
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol – Protocolo de Datagrama do Usuário.
<b>URA</b>	Unidades de Resposta Audível.
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator.
<b>VoIP</b>	Voz sobre IP.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 – ENTENDENDO A TELEFONIA.....</b>	<b>15</b>
1.1 Síntese Histórica da Telefonia .....	15
1.1.1 Digitalização da transmissão .....	17
1.2 Convergência.....	18
1.2.1 Convergência orientada a pacotes IP.....	20
1.3 Arquitetura TCP/IP.....	22
1.3.1 Camadas: Visão Geral .....	22
1.3.2 Protocolos da Camada Transporte.....	23
1.3.2.1 TCP: Transmission Control Protocol .....	23
1.3.2.2 UDP: User Datagram Protocol .....	24
1.4 Digitalização da Voz .....	25
1.4.1 CODECs.....	26
1.5 Centrais Telefônicas e de Comutação .....	28
1.5.1 Comutação .....	29
<b>CAPÍTULO 2 – VOZ SOBRE IP (VOIP) .....</b>	<b>32</b>
2.1 Histórico das Redes de Transmissão de Voz Sobre IP.....	32
2.2 Tipos de Implantação de VoIP .....	33
2.3 Benefícios da Transmissão de Voz Sobre IP.....	33
2.4 Obstáculos para o VoIP .....	35
2.5 QoS – Qualidade de Serviço.....	35
2.6 Equipamentos VoIP .....	37
2.6.1 ATA.....	37
2.6.2 Softphones .....	38
2.6.3 Telefone IP .....	39
2.7 Protocolos de Comunicação Usados em VoIP .....	40
2.7.1 Estabelecimento e manutenção de chamadas VoIP.....	40
2.7.2 H.323 e SIP.....	41
2.7.3 Comparação entre H.323 x SIP .....	42
2.7.4 MGCP (Media Gateway Control Protocol).....	43

2.7.5	Protocolos para tempo real .....	44
2.7.5.1	Real-time Transport Protocol (RTP) .....	44
2.7.5.2	Real-time Transport Control Protocol (RTCP) .....	44
<b>CAPÍTULO 3 – ASTERISK .....</b>		<b>46</b>
3.1	Buscando Suportes .....	46
3.1.1	Caracterizando o Asterisk.....	47
3.2	Asterisk Fundamentos Essenciais.....	49
3.2.1	A comunidade Asterisk .....	49
3.2.2	A relação custo/benefício .....	50
3.2.3	A arquitetura .....	51
3.2.4	Requisitos mínimos: software e hardware.....	52
3.3	Justificativas para adotar Asterisk nas Empresas .....	54
3.4	Viabilidade de uma Aplicação Voz Sobre IP Fundada no Software Livre Asterisk em Casos Empresariais .....	56
<b>CONCLUSÃO.....</b>		<b>59</b>
<b>TRABALHOS FUTUROS .....</b>		<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>		<b>61</b>

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que ao longo do século XX e início do século XXI o oferecimento de serviços nas telecomunicações em todo o mundo passou por significativas transformações, cita-se, por exemplo, a Internet que com o aumento de sua utilização, fez com que consolidasse a forma de tecnologia Voz sobre IP (VoIP). Pois, a tecnologia de Voz sobre IP admite a digitalização e a codificação da voz bem como o empacotamento de dados IP (*Internet Protocol*) para a transferência em uma rede, utilizando o protocolo UDP.

Na realidade, esse crescimento de implantações das redes com o Protocolo Internet (IP) aliado ao desenvolvimento de peculiaridades avançadas tais como: mecanismos de controle, digitalização de voz, protocolos de transmissão em tempo real, priorização do tráfego e o estudo de novos modelos que ofereçam a qualidade de serviço, criaram oportunidades para a comunicação de Voz sobre IP (VoIP), ou seja, possibilitou uma tecnologia que permite a transferência da voz por intermédio dos pacotes das redes IP, através da internet.

Ao surgir à necessidade do tráfego de voz, e com a crescente desenvoltura da tecnologia, o volume de tráfego de dados vem substituindo o tráfego de voz, e é nesse campo de atuação que se explica a convergência: compartilhamento de recursos através de uma única rede capaz de trafegar voz e dados, criando desta forma um novo conceito em telefonia. Nesta linha de pensamento, diante das significativas transformações no oferecimento de serviços de telecomunicações, é notória a preocupação das organizações empresariais em minimizar custos e aumentar a qualidade dos seus produtos e serviços por meio da telefonia. Pois, os avanços da tecnologia de projetar uma infraestrutura que se mantenha útil por um longo período de tempo é um desafio, assim a aplicação da telefonia IP numa organização empresarial tem como principal objetivo a redução de custos de manutenção e operação, implementando fatores como a videoconferência, tornando-se uma excelente opção tecnológica para o desenvolvimento dos seus empreendimentos.

Baseado neste contexto, que se evidencia o problema da viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP fundada no *software* livre Asterisk, em casos empresariais. Logo, na tentativa de se responder a essa problemática, tem-se como metodologia adotada, nesta pesquisa, a qualitativa de cunho descritivo e exploratório. Qualitativa por não se fazer uso de mensuração ou dados numéricos (estatísticos). De cunho descritivo por se fazer uso de

uma bibliografia a respeito do objeto que se pretendeu pesquisar. E exploratório por ver e rever o tema pesquisado.

Nesse caso, tem-se como objetivo geral investigar a viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP fundada no *software* livre Asterisk em casos empresariais.

Dentre os objetivos específicos: analisar a tecnologia de Voz sobre IP (VoIP); identificar os protocolos para utilização de Voz sobre IP (VoIP); e justificar a viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP fundada no *software* livre Asterisk, em casos empresariais mostrando suas principais funcionalidades e particularidades que o tornam uma excelente escolha, entre outros.

Dessa forma a estrutura deste trabalho encontra-se fundamentado em três capítulos. O primeiro deles, Entendendo a Telefonia, é referente a uma síntese histórica da telefonia, onde se descreve sobre: digitalização e transmissão; convergência, e esta orientada a protocolos IP; arquitetura TCP/IP; uma visão geral das camadas; os protocolos da camada de transporte, identificando o *Transmission Control Protocol* (TCP) e o *User Datagram Protocol* (UDP); digitalização da voz e *CODECs* (Codificador/Decodificador); e as centrais telefônicas e de comutação.

No segundo capítulo trata-se da forma de tecnologia de Voz sobre IP (VoIP), relatando: o seu histórico; tipos de implantação; seus benefícios; obstáculos; Qualidade de Serviço (QoS); equipamentos (ATA, *softphones*, telefone IP); protocolos de comunicação usados em VoIP (Estabelecimento e manutenção de chamadas VoIP, H.323, SIP, comparação entre H.323 x SIP, *Media Gateway Control Protocol*, Protocolos para tempo real: *Real-Time Transport Protocol*, e *Real-Time Transport Control Protocol*).

E o terceiro capítulo é referente ao *software* Asterisk. Nele: busca-se suportes; caracteriza-se o Asterisk com seus fundamentos essenciais; relata-se sobre a comunidade Asterisk; revela-se a sua relação custo/benefício; identifica-se sua arquitetura; apresenta-se seus requisitos mínimos (*software* e *hardware*); verifica-se algumas justificativas para adotar Asterisk nas empresas; e relata-se sobre a viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP fundada nesse *software* livre em casos empresariais, assim como, trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 1

### ENTENDENDO A TELEFONIA

#### 1.1 Síntese Histórica da Telefonia

A história da telefonia tem como foco inicial nos Estados Unidos, quando nasce Graham Bell, inventor do telefone. Junto ao seu transmissor, aparelho do qual se dedicava a dialogar com seu ajudante e colega eletricitista Thomas August Watson, decide patentear no dia 14 de fevereiro de 1876 o seu invento, duas horas antes de Elisha Gray, que coincidentemente estudava o mesmo assunto ao mesmo tempo em que Bell. Assim, segundo Bernal (2007, p.17): “A revolução acontece após uma série de evoluções iniciadas nos primórdios históricos das telecomunicações.”

Ao decorrer de alguns anos, criaram-se empresas em diversos países para explorar a telefonia pública, permitindo a ligação entre as residências e empresas com a comunicação de voz. No entanto, evoluções diversas tiveram como origem a criação da comutação entre os terminais de assinantes, tornando a permitir que qualquer terminal fosse conectado por outro na rede. Com isso, houve a criação da automação da comutação, que inicialmente abordava uma máquina mecânica com seleção entre origem e destino, ou seja, os operadores se colocavam em frente a um painel, e conectavam manualmente as linhas de dois assinantes que buscavam se falar. Com o decorrer passou gradativamente por uma série de evoluções, desde uma máquina eletromecânica, eletrônica e, finalmente, a uma máquina eletrônica digital controlada por *software*.

As profundas e diversas melhorias, em tão pouco tempo na tecnologia microeletrônica e no processamento de sinais digitais, possibilitaram o desenvolvimento de serviços e produtos verdadeiramente revolucionários ao ponto de se tomarem desejo de milhões de usuários e plataformas de novas e surpreendentes aplicações.

Apenas no final do século XX, houve a maior revolução ao tratar-se de telecomunicação. Paralelamente à evolução da telefonia móvel e fixa crescia segundo o *Federal Networking Council* norte americano a Internet, que se refere ao sistema de informação global que é logicamente ligado por um endereço único global baseado no *Internet Protocol* (IP), capaz de suportar comunicações utilizando o TCP/IP, tornando

publicamente como privadamente, serviços de mais alto nível produzidos na infraestrutura descrita.

Na rede pública de telefonia convencional, a voz é transmitida através da rede de computadores telefônicos. A figura 1 representa o Sistema Telefônico Convencional:

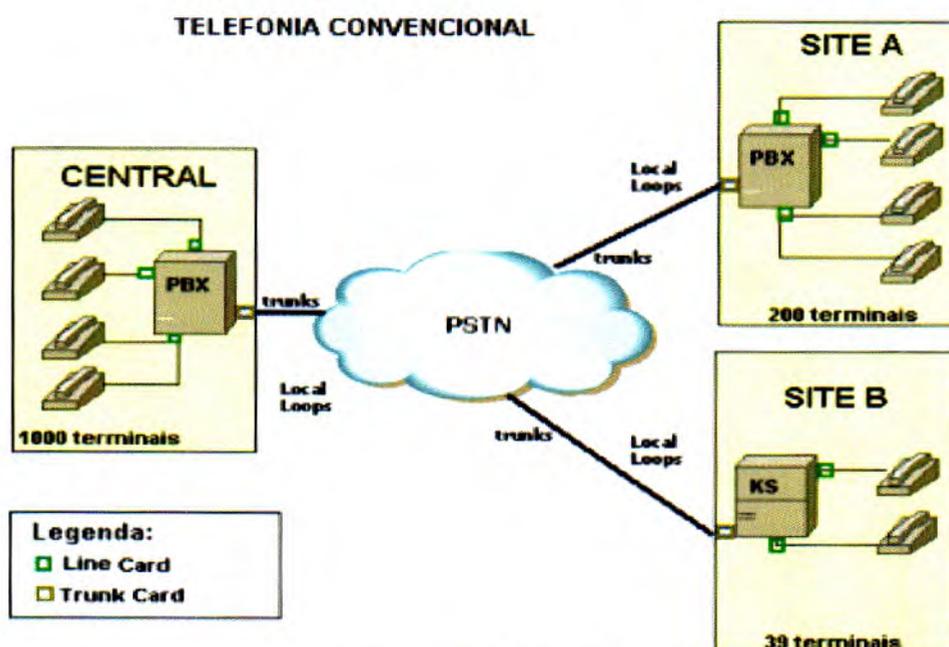


Figura 1: Sistema Telefônico Convencional.  
 Fonte: Pinheiro (2006).

No entanto, a PSTN (Rede Telefônica Pública Comutada) representada na figura 1 acima, interliga as centrais telefônicas PBX (*Private Branch Exchange*) por troncos, sendo KS (*key-Systems*) representada por uma central telefônica de ramais privados de um site B.

Recentemente, evoluções tecnológicas nos últimos anos levaram às empresas e provedores de telecomunicações a adotarem a consolidação de diversas redes em uma única rede capaz de suportar todos os serviços de tráfegos, denominando desta forma o conceito de convergência, sendo que, os conceitos da internet não objetivavam, ou incluíam o transporte de imagens, ou mesmo de voz inicialmente.

Dentre as aplicações que permitem a comunicação e pertencem ao conceito de convergência, o VoIP (*Voice over Internet Protocol*) surge como destaque, pois a mesma propicia além da simples comunicação, grande interatividade, bem como a diminuição significativa nos custos com ligações.

### 1.1.1 Digitalização da transmissão

Na telefonia analógica a finalidade da Rede Pública de Telefonia Comutada (PSTN) é estabelecer e manter conexões de áudio entre dois terminais. Segundo Tanenbaum (2003, p.16), a PSTN foi projetada visando uma transmissão da voz humana de uma forma mais ou menos reconhecível.

O telefone analógico é compreendido por cinco partes: a campainha, o bloco de discagem, a rede e a chave de gancho e o fone manual (ambos complementando o híbrido, ou a rede). Podendo os três primeiros operar de formas independentes uns dos outros, cuja campainha, representa o som sinalizado pela chegada de uma ligação, já o bloco de discagem, representa a porção do telefone com que a rede identifica o endereço de outra parte que você deseja alcançar e o híbrido (rede) estabelece a comunicação entre os sinais transmitidos e recebidos na PSTN.

Segundo Souza (2005, p.13):

Na PSTN, a famosa “última milha” (*last mile*) é o último pedaço restante da rede de telefonia que ainda usa a tecnologia pioneira de cem anos atrás. Um dos desafios primários ao transmitir sinais analógicos é que diversos tipos de coisas podem interferir no sinal, causando problemas baixo volume, ruído, estática, e outros efeitos indesejados. Ao invés de tentar propagar uma forma de onda analógica em longas distâncias, por que não simplesmente quantificar as características do som original e enviar aquela informação para o ponto final. A forma de onda original não precisaria chegar lá, mas apenas a informação necessária para reconstruí-la.

De acordo com Souza (2005, p.14) o princípio de todo áudio digital (inclusive telefonia) é mostrar as características, armazenar a informação medida e enviar em forma de dados para a outra ponta. Assim, na outra ponta, utilizar a informação transmitida para gerar um sinal de áudio completamente novo, que terá as mesmas características do original. Tornando a reprodução tão boa que o ouvido humano não pode perceber a diferença.

Parafraseando Meggelen, Smith e Madsen (2005, p.97) uma das principais vantagens do áudio digital é que os dados mostrados podem ser verificados matematicamente quanto a erros em sua rota para seu destino, garantindo que uma fiel cópia do original chegue à outra ponta. Sendo assim, distância não mais afeta a qualidade, e as interferências podem ser detectados e eliminados.

## 1.2 Convergência

Conforme Bernal (2007, p.18), a convergência é o ato de convergir ou o ponto no qual objetos se encontram. E na indústria de telecomunicações, a palavra convergência, pode ser definida como a consolidação das diversas redes atuais em uma única rede capaz de suportar e dar controle a todos os serviços de tráfegos.

Segundo Costa (2003 apud VIEIRA, 2007, p.7):

As redes de dados e telefonia sempre trilharam caminhos distintos, usando suas próprias infra-estruturas. Isto impacta no aumento dos custos, devido à necessidade de instalação de dois serviços, além de haver necessidade de monitorar a funcionalidade de ambos. Desde o surgimento do conceito de convergência, este cenário está em processo de mudança permitindo integrar a telefonia e a rede de dados, unindo grandes empresas do ramo das comunicações e gerando volumosos investimentos em pesquisas.

Com a evolução das tecnologias de comunicação e a melhoria do desempenho nas transmissões de dados através das redes IP (*Internet Protocol*), Nunes, Wilson e Kambil (2000 apud ARRUDA FILHO; DHOLAKIA, 2009, p.2), conferem que várias aplicações que permitem a comunicação e a interação entre pessoas geograficamente distantes estão sendo desenvolvidas. Por exemplo: “A possibilidade de oferecer um conjunto de serviços integrados, como televisão, internet e telefonia, via uma só conexão ao consumidor é algo bastante atual no mercado de telecomunicações.”

Conforme Colcher et al. (2005, p.1), enfatizam que:

O processo de convergências das tecnologias de telecomunicações e processamento de informações (via sistemas computacionais) tem promovido profundas alterações a organização do trabalho na indústria, no comércio, na prestação de serviços, nas pesquisas, na vida particular do cidadão, na saúde e na educação. Dentre os maiores representantes desse processo figuram os serviços multimídia, hoje presentes em dispositivos móveis e celulares, e a proliferação de serviços variados sobre a infra-estrutura de redes de computadores como a internet. Nesses serviços, incluem-se as diversas modalidades de comunicação vocálica, agrupadas sob um dos mais conhecidos e discutidos acrônimos do mercado de comunicações atual: VoIP (*Voice over IP*).

Para Hameria e Paatela (2005 apud ARRUDA FILHO; DHOLAKIA, 2009, p.2), com todas estas possibilidades, torna-se possível comunicar-se de qualquer parte do mundo com qualquer pessoa, por meio de diferentes tipos de tecnologias conjuntamente. De acordo com Cohen, Mattila e Southwood (2005 apud ARRUDA FILHO; DHOLAKIA,

2009, p.2), o VoIP, visto como um serviço de valor agregado e não um serviço de comunicação de voz, replica a tese que atualmente as redes de computadores não são usadas somente para o compartilhamento e transferência de arquivos, mas também para a prestação de serviços que antes eram suportados por outros meios de comunicação. Esses serviços, como voz, vídeo e dados exigem novos mecanismos para assegurar o seu funcionamento na rede de uma forma aceitável.

Bianchini (2006, p.13), afirma que:

O futuro das telecomunicações está na convergência das redes de dados e das redes de voz. Quando se fala em convergência na área de telecomunicações, refere-se à redução para uma única conexão de rede, fornecendo todos os tipos de serviços, reduzindo gastos nas tarifas telefônicas e infra-estrutura, e na integração de novas aplicações.

Como refere Bianchini (2006, p.13), de forma atraente para as organizações empresariais, vêm se tornando uma alternativa cada vez mais viável à substituição dos modelos de telefonia tradicional pelas transmissões de voz baseadas na tecnologia IP (*Internet Protocol*), isso devido ao desenvolvimento de novas tecnologias que permitem dar suporte à transmissão de áudio em tempo real.

Eis a visão genérica e atual da convergência segundo Bernal (2007, p.18):

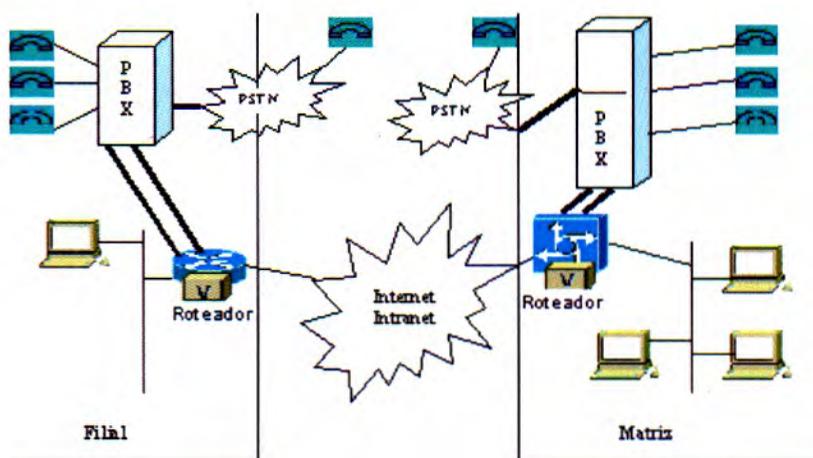
Visão genérica da convergência:

- Voz + dados + imagens + textos = tratamento único

Visão prática atual da convergência:

- Voz + dados + videoconferência = rede IP.

Podemos analisar através da figura 2 abaixo que ressalta de forma explicativa uma empresa com a integração de duas redes viabilizando uma futura convergência orientada a pacotes IP, interligando nesta figura centrais PBX's através da rede IP, tendo cada PBX conexão com a rede PSTN, podendo assim realizar ligações com a rede de telefonia pública.



**Figura 2:** Empresa com integração entre voz e dados.  
**Fonte:** Castro (2005, p.16).

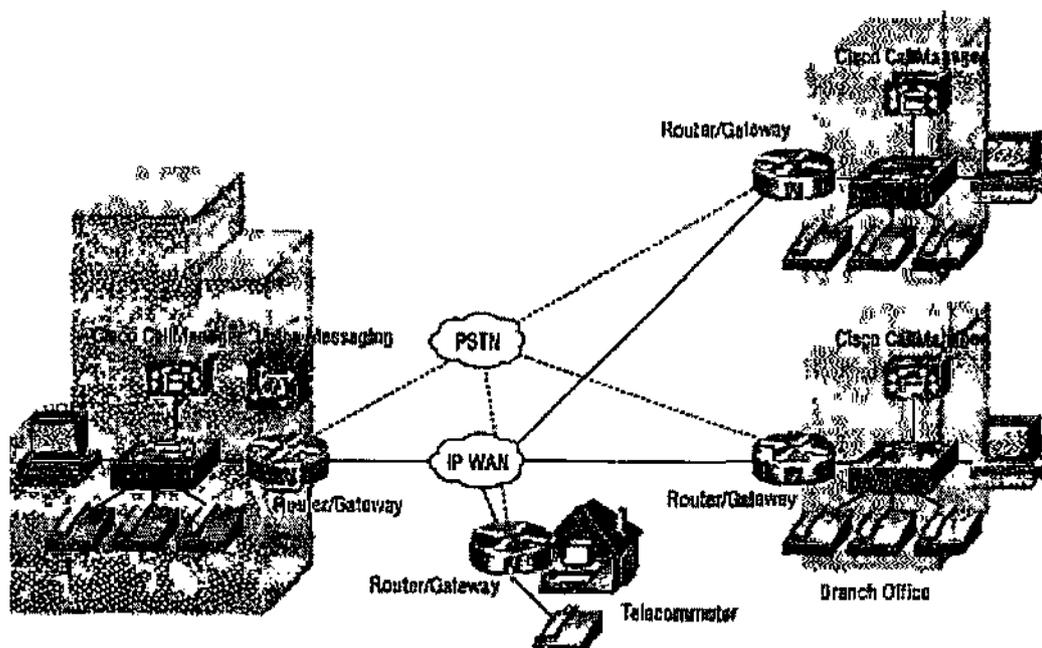
### 1.2.1 Convergência orientada a pacotes IP

O IP sendo o acrônimo de *Internet Protocol* (ou Protocolo de Internet) é utilizado no encaminhamento dos dados entre duas redes de computadores. Nesse esquema de comunicação os dados são segmentados em blocos precedidos por informações que são transportadas e disponibilizadas no “cabeçalho” para o controle ideal da rede.

Segundo Bernal (2007, p.19):

O bloco de dados complementado pelo cabeçalho de informações de paridade, endereçamento, delimitação, controle de versão e finalidade do pacote é denominado pacote IP, o qual transporta no seu conteúdo de dados os segmentos de mensagens dos protocolos de transporte TCP ou UDP, os quais complementam as funcionalidades de comunicação do protocolo IP.

A figura 3 abaixo representa o estabelecimento de sessão e o controle de transporte fim a fim:



**Figura 3:** Rede convergida fim a fim.  
 Fonte: Alves (2004, p.54).

Parafrazeando Bernal (2007, p.20) o estabelecimento de conexões entre processos de aplicações clientes com aplicações providas por servidores é o suporte resultante do conjunto de protocolos complementares TCP/IP ou UDP/IP. Na figura 3 acima detalha que o encaminhamento dos pacotes IP é feito por roteadores, que são processadores que recebem os pacotes e decidem por qual das saídas, correspondendo, a enlaces de comunicação serial de dados, devem ser reencaminhados. Os dados enviados são transportados no modo “datagrama”.

Já citando a RFC 1594, Pinheiro (2006) especifica que:

Um Datagrama é uma entidade de dados completa e independente que contém informações suficientes para ser roteada da origem ao destino sem precisar confiar em permutas anteriores entre essa fonte, a máquina de destino e a rede de transporte.

Esse modo de envio, sem a visão fim a fim da comunicação, faz com que os blocos de dados, não tenham entrega assegurada, mas que seja feito pelo melhor esforço possível dos roteadores envolvidos na resolução dos endereços de destino, em função das rotas disponíveis (enlaces de comunicação), para encaminhar os pacotes na saída de cada roteador. Concluindo que os pacotes podem chegar sequencialmente desordenados, duplicados, ou mesmo ser perdidos.

### 1.3 Arquitetura TCP/IP

A família de protocolos utilizados pela Internet é denominada pelo TCP/IP. Esta família de protocolos foi desenvolvida pela *Defense Advanced Research Project Agency* (DARPA) no Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD). O conceito deste conjunto de protocolos foi desenvolvido para permitir aos computadores compartilharem recursos numa rede, sendo que, as famílias de protocolos delimitam os detalhes de como comunicar os computadores e convenções para interconectar redes e rotear o tráfego. Esta arquitetura de protocolos é oficialmente conceituada de Protocolos Internet TCP/IP, devido seus dois protocolos mais significantes (TCP: *Transport Control Protocol* e IP: *Internet Protocol*).

Segundo Torres (2006), uma das grandes vantagens deste protocolo, em relação aos outros utilizados na área de redes de computadores, é o fato que ele é roteável, isto é, foi projetado para atender a grandes redes de computadores, além do mais, a informação pode ser fragmentada e ser enviada por vários caminhos diferentes tendo todos eles interligados entre si. Os fragmentos de informações podem ser enviados por várias rotas diferentes, preferencialmente as quais estiverem com menos tráfego de informação a fim de melhorar ao máximo o desempenho para realizar a transmissão da informação.

#### 1.3.1 Camadas: Visão Geral

Para que cada fabricante pudesse desenvolver o seu próprio protocolo, foi necessário criar um modelo que deveria ser seguido. Segundo Shepard (2007, p.327): “A família mais conhecida de protocolos do VoIP pode ser a da *International Organization for Standardization's Open Systems Interconnection Reference Model*, normalmente abreviado para Modelo OSI”. Este modelo acabou se tornando apenas uma base para praticamente todos os protocolos desenvolvidos pela indústria.

Numa paráfrase de Shepard (2007, p.327), pode-se relatar que o Modelo OSI fornece uma forma lógica de se estudar e compreender as comunicações de dados e é espalhado em simples regras, tais como: cada uma das sete camadas (Aplicação, Apresentação, Sessão, Transporte, Rede, Enlace e Física) devem efetivar um conjunto claramente especificado de responsabilidades, “as quais são únicas para cada camada”, garantindo a exigência de modularidade funcional; cada camada é dependente dos serviços

das camadas acima e abaixo para fazer seu trabalho, como poderíamos esperar, dada a natureza modular do OSI; as camadas não tem nenhuma percepção de como as camadas ao seu redor fazem o que fazem, isto é, “elas sabem apenas que tem de fazê-lo”, sendo denominado de transparência; e, não há uma mágica sobre o número de camadas ser sete: “se a indústria decidir que precisamos da camada oito no modelo, ou que a camada cinco é redundante, então o modelo será alterado. A chave está na funcionalidade”.

### 1.3.2 Protocolos da Camada Transporte

É voltada a atenção, agora, para a Camada Transporte devido ao fato de dois protocolos-chave serem encontrados nela: O TCP e o UDP.

#### 1.3.2.1 TCP: Transmission Control Protocol

O TCP/IP foi criado para a internet com o conceito em mente de que a internet não seria particularmente uma rede bem comportada, ou seja, os projetistas do protocolo entenderam que a internet iria se tornar precisamente o que se tornou – uma rede de redes. Isto é, pelo motivo de usar uma quantidade de protocolos conflitantes e frequentemente não relacionáveis, transportando tráfego com amplas e variáveis exigências de QoS (*Quality of Service*). O pacote IP, como bloco construtor fundamental, é projetado para lidar com todas estas disparidades, enquanto o TCP e outros protocolos relacionados, cuidam de assuntos de QoS.

Segundo Sitolino (1999 apud GOMES, 2005, p.9) diz ser o IP: “Um protocolo mundialmente utilizado que tem como característica principal o envio de dados através de pacotes”.

O *Transmission Control Protocol* (TCP) é, sem dúvidas, um dos mais importantes protocolos da família TCP/IP, conforme Colcher et al. (2005, p.78) ele “[...] opera no modo orientado à conexão fornecendo um serviço de transferência de dados confiável”. Segundo o site TELECO, o conceito na RFC 793 é um padrão definido como:

*Transmission Control Protocol* (TCP), que fornece um serviço de entrega de pacotes confiável e orientado por conexão. Ser orientado por conexão significa que todos os aplicativos baseados em TCP como protocolo de transporte, antes de iniciar a troca de dados, precisa estabelecerem uma conexão. Na conexão são fornecidas, normalmente, informações de logon, as quais identificam o usuário que está tentando estabelecer a conexão. Um exemplo típico são os aplicativos

de FTP (Cute – FTP, ES-FTP e assim por diante). Para que você acesse um servidor de FTP, você deve fornecer um nome de usuário e senha. Estes dados são utilizados para identificar e autenticar o usuário. Após a identificação e autenticação, será estabelecida uma sessão entre o cliente de FTP e o servidor de FTP.

Na realidade, o TCP trata-se de biblioteca de rotas já conhecidas instaladas nos computadores origem e destino, ou seja, todos os computadores que utilizem o protocolo TCP/IP para se comunicar.

### 1.3.2.2 UDP: User Datagram Protocol

Parafraseando Tanenbaum (2003, p.399) o Protocolo de Usuário do Datagrama (*User Datagram Protocol*), “oferece um meio para as aplicações enviarem datagramas IP encapsulados sem que seja necessário estabelecer uma conexão.”

Destarte, Alves (2004, p.18) implica que:

O UDP não retransmite datagramas que faltam ou que são modificados, não ordena datagramas recebidos fora de ordem, não elimina datagramas duplicados, não reconhece o recebimento de datagramas e nem estabelece ou termina conexões. O UDP é principalmente um mecanismo para os programas de aplicação enviarem e receberem datagramas sem o trabalho extra de uma conexão TCP.

A figura 4, a seguir, ilustra o cabeçalho do datagrama UDP:

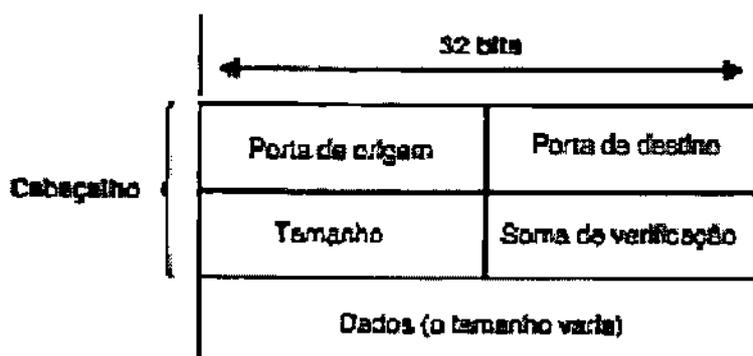


Figura 4: Cabeçalho UDP.  
Fonte: Alves (2004, p.19).

Parafrazeando Comer (2007) o UDP é uma interface voltada à mensagem, ele não a divide em pacotes e não as combinam para entrega, as mensagens que um aplicativo gera, são simplesmente transportadas através da Internet e entregadas ao receptor.

#### 1.4 Digitalização da Voz

Parafrazeando Souza et al. (2007, p.1) a área de telecomunicações vem sofrendo uma grande revolução, em grande parte impulsionada por avanços tecnológicos, pois os serviços de telefonia, antes oferecidos pelos sistemas de telefonia convencional baseado na comutação de circuitos, têm sido oferecidos sobre essas redes de comutação de pacotes, refletindo em uma mudança no modo como os serviços são prestados hoje em dia pela telefonia.

Portanto, Souza et al. (2007, p.2) concluíram que em relação à transferência de voz, as redes de comutação de pacotes tem se tornado uma alternativa muito atraente para conversas telefônicas, visto que elas oferecem uma qualidade de transmissão razoável aliada a um custo relativamente baixo, principalmente para usuários que costumam fazer ligações interurbanas.

Em consonância com os autores Tanenbaum (2003 apud SOUZA, et al. 2007, p.2):

Revelam que grupos ligados às empresas de telecomunicação e de computação passaram a investir na criação de mecanismos para transmissão de voz sobre a Internet, chamando esta nova tecnologia de VoIP<sup>9</sup>. O termo VoIP é originário de *Voice over IP* (Voz sobre IP), onde IP (*Internet Protocol*) é um protocolo extensamente difundido tanto em redes públicas (como a Internet) quanto em redes privadas. A ideia do protocolo VoIP se baseia na transmissão de voz em forma de pacotes através de uma rede utilizando protocolos da pilha TCP/IP.

Souza et al. (2007, p.2) na sua avaliação técnica de codificação de voz para VoIP, enfatiza que a viabilidade do sistema acontece da seguinte forma:

O sinal de voz deve passar por um processo de digitalização e compactação antes de ser transformado em pacotes IP. Essa digitalização é feita através de *codecs* (algoritmos de codificação), os quais são responsáveis pela codificação do sinal de voz. Esses codecs são muito importantes no processo de transmissão de voz pela Internet, pois influenciam a qualidade final das transmissões e a largura de banda utilizada por elas.

Para que a voz seja transmitida em um sistema de comunicação digital, deve sofrer um processo de digitalização pelo qual a voz é transformada inicialmente em amostragens do sinal original, e posteriormente cada amostragem é processada e convertida em um conjunto de bits codificados a serem transmitidos até o destino, que destaca um sinal amostrado por pulsos.

Processo de Conversão analógica – digital é caracterizado pela transformação inicial do som em amostragens, ocorrendo compressão/descompressão e ao quantizar estará modificando o som analógico em transformações numéricas e posteriormente codificado como detalhado na figura 5 abaixo:

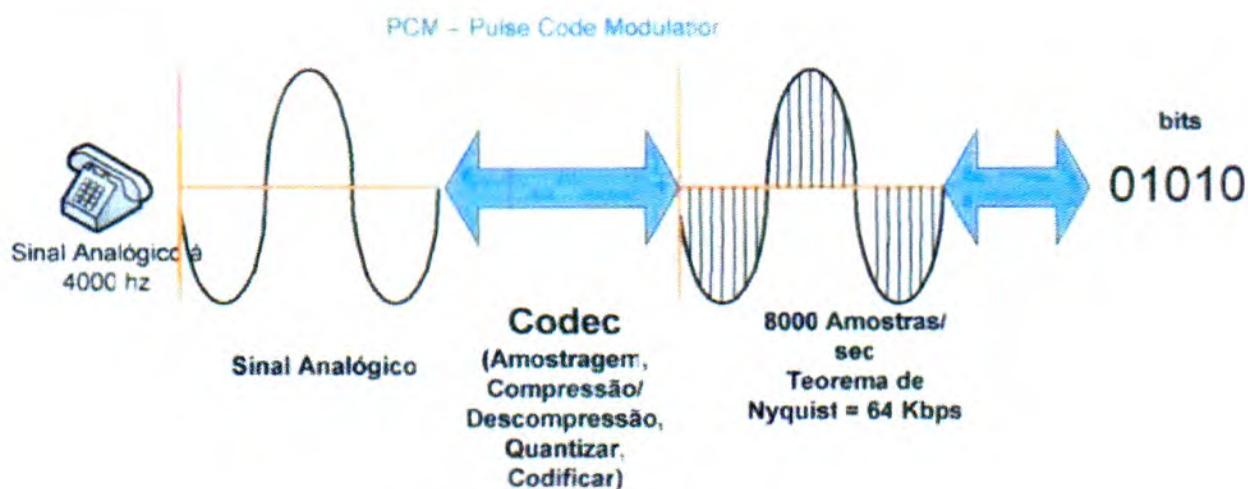


Figura 5: Processo de digitalização da voz.  
Fonte: Pinheiro (2005, p.19).

### 1.4.1 CODECS

De acordo com Bernal (2007, p.99), o sinal da voz (que é um sinal analógico), para ser transmitido através de uma rede de computadores que utiliza um sistema de transmissão digital, precisa passar por um processo de digitalização. Esse processo é realizado por algoritmos conhecidos como codecs (*enCOders/DECOders*).

Um CODEC é um programa ou dispositivo com algoritmos de compactação e descompactação específicos para um determinado formato de arquivo. O CODEC converte o vídeo e som analógico em sinais digitais e depois os comprime, para diminuir os tamanhos dos arquivos.

O processo de digitalização anteriormente descrito na figura 5 é denominado modulação por código de pulso (PCM), e é definido pela União Internacional de Telecomunicações (UIT-T) como o padrão G.711 em virtude da grande utilização da técnica PCM.

Parafrazeando Souza et al. (2007, p.11) em sua Avaliação de Técnicas de Codificação de Voz para VoIP, conclui-se que: “Os codecs G.711 e G.723.1, são as melhores soluções dentre os codecs testados. E que a escolha entre um ou outro, deve se atentar as considerações levando em conta o poder computacional disponível e o meio de comunicação disponível”.

Conforme a figura 6 abaixo embasada na Avaliação de Souza et al. (2007, p.10) destaca-se uma comparação entre os aspectos mais relevantes dos CODECS:

	Qualidade Sonora	Largura de Banda (Mbits/s)	Atraso (ms)
G.711	Boa	0,157	<< 1
G.726	Ruim	0,167 e 0,119	60
G.729	Razoável	0,031	25-35
G.723.1	Boa	0,012	67 - 97

**Figura 6:** CODECS mais relevantes.  
Fonte: Souza et al. (2007, p.10).

O quadro 1 a seguir detalha algumas das principais características de diferentes Codecs:

Padrão	Algoritmo	Bit Rate (Kbit/s)	Recursos de CPU	Delay (ms)	Qualidade da voz
G.711	PCM	48, 56, 64	Não requerido	<<1	Excelente
G.723.1	MPE/ACELP	5,3, 6,3	Moderado	67-97	Boa(6,3), Razoável(5,3)
H.728	LD-CELP	16	Muito alto	<<2	Boa
G.729	CS-ACELP	8	Alto	25-35	Boa
G.729 Annex A	CS-ACELP	8	Alto	25-35	Boa
G.722	Sub-band ADPCM	48, 56, 64	Alto	<<2	Boa
G.726	ADPCM	16,24,32,40	Baixo	60	Boa(40), Razoável(24)
G.727	AEDPCM	16, 24, 32, 40	Baixo	60	Boa(40), Razoável (24)

**Quadro 1:** Codecs.  
Fonte: Coriolano (2003 apud COSTA (2008, p.35).

Levando em consideração a análise do quadro 1 acima, Souza et al. (2007, p.11) recomenda-se entre todos os codecs testados que:

O G.723.1 e o G.711, os quais apresentam qualidade sonora muito boa. Porém, esses dois *codecs* apresentam usos diferenciados. O G.723.1 é mais indicado em sistemas onde haja a necessidade de economia da largura de banda do meio de transmissão, levando em consideração o fato de que o consumo de recursos computacionais será elevado. Por outro lado, o *codec* G.711 apresenta a melhor qualidade sonora, mas é indicado para sistemas onde há bastante largura de banda disponível.

### 1.5 Centrais Telefônicas e de Comutação

Segundo Colcher et al. (2005, p.5), com a invenção do transistor a indústria de telecomunicações começou a desenvolver novas centrais telefônicas digitais: “Em março de 1958, doze anos após o surgimento do primeiro computador digital, já surgiram, nos laboratórios da Bell, as primeiras centrais digitais”.

Nesse contexto, Torres (2006, p.34) evidencia que:

Para realizar e gerenciar a transmissão da voz são utilizadas centrais telefônicas, estas que por sinal estabelecem conexões entre si, além da infraestrutura e dos equipamentos são utilizados protocolos dos quais são responsáveis por estabelecer a conexão lógica entre si, sendo que, protocolo é a linguagem usada pelos dispositivos de modo que eles consigam se entender e comunicar entre si, para assim realizar a troca de informações.

A estrutura das redes de telefonia pode ser dividida em três partes principais conforme Bernal (2007, p.32):

**Comutação:** seleção, direcionamento e conexão das vias de transmissão adequadas (extensões e troncos), estabelecendo uma ligação física entre os terminais, ou a intermediação e troca de blocos de bits entre transmissor e receptor de informação.

**Transmissão longa distância e rede local de acesso:** operação de encaminhamento dos sinais de informação para os transmissores e os receptores de informação através de meios de transmissão adequados, tais como: cabos coaxiais, ondas de rádio propagadas no ar e fibras ópticas. Os meios físicos são conectados através de interfaces físicas padronizadas. As conexões físicas às centrais de comutação telefônica seguem padrões funcionais:

- Tronco ou enlace de junção: é um tronco privado que interliga a Central Privada de Comutação Telefônica (PABX) à Central Telefônica Pública;
- Enlace ou linha de assinante: é o conjunto de meios físicos, que efetuam a conexão entre os ramais e a Central Privada de Comutação Telefônica (PABX) ou as conexões entre os telefones dos assinantes residenciais e a Central Pública de Comutação Telefônica.

**Sinalização:** processo de envio dos sinais pelo transmissor, reconhecimento dos sinais pelo receptor, processamento e seleção das conexões necessárias para a troca de informações entre transmissor e receptor.

### 1.5.1 Comutação

Assim, para que dois assinantes A e B possam estabelecer uma conversação telefônica, é necessário o estabelecimento de canal de comunicação de forma a interligá-los ou logicamente, dependendo da tecnologia utilizada da comutação.

Conforme Jackson (2007 apud GONZALEZ, 2007, p.22):

Com o crescimento da demanda pelos serviços de telefonia, não era mais possível crescer utilizando a invenção inicial de Graham Bell, com linhas diretas e dedicadas entre os pontos. A solução para atender a demanda foi a utilização de uma rede com recursos compartilhados chaveados, ou comutados entre as conversas, a PSTN (Rede Telefônica Pública Comutada) é utilizada até hoje para referenciar ao sistema telefônico em geral. Para existir a comunicação entre o ponto A e o ponto B, era necessário realizar o chaveamento ou comutação de circuito, o qual estabelece o caminho entre a origem e o destino durante o tempo de conversação, forma tradicionalmente utilizada nos sistemas telefônicos. Nos primeiros sistemas telefônicos, o chaveamento do circuito era feito utilizando a técnica de chaveamento físico manual, realizado por operadores humanos. As Centrais Telefônicas ou ainda Troca De Ramais Privados (PBX) recebiam os pedidos de ligações e eram encarregados de fechar fisicamente os circuitos entre o ponto A e o ponto B, bem como liberar o circuito de ambos após o término da conversação.

Parafraseando Runeberg (1997) pode-se destacar que, nesta época, os equipamentos telefônicos possuíam uma manivela, para realizar uma chamada, o ponto A girava a manivela de seu telefone, gerando uma corrente elétrica que fazia acionar um alarme na mesa do operador da central. A telefonista atendia e ao ser informada sobre o destino da ligação, fazia tocar a campainha no telefone desejado utilizando o mesmo princípio da manivela.

Caso o ponto B fosse atendido, a telefonista poderia então completar a ligação utilizando um cordão condutor unindo os terminais do ponto A e do ponto B solicitado. A invenção do dispositivo de discagem possibilitou automatizar as ligações com a utilização de Troca Automática de Ramais Privados (PABX) comumente conhecidos por Central Telefônica. Tais centrais permitem efetuar ligações entre telefones internos sem intervenção manual, ou ainda telefonar e receber telefonemas da rede externa.

A comunicação entre dois pontos distintos só é possível graças às centrais telefônicas e as centrais de comutação. A primeira diz respeito a aglomerados de

equipamentos eletrônicos que possibilitam o estabelecimento de uma conexão e a segunda diz respeito ao conjunto de operações que possibilitam a conexão entre dois ou mais terminais (aparelhos telefônicos). Somente em 1891 as centrais com operadores humanos passariam a ter chaveamento eletromecânico automático, dispensando esses operadores.

De acordo com Colcher et al. (2005 apud GONZALEZ, 2007, p.22), nas centrais telefônicas dos primeiros sistemas de telefonia a conexão era estabelecida através do chaveamento físico manual:

Nas quais operadores humanos, nas centrais telefônicas, recebiam pedidos de ligação (conexão) e eram encarregados de fechar fisicamente (através de cabos e conectores) os circuitos entre o chamador e o chamado, bem como liberar esse circuito após o término da conversação.

Consolidando seu enunciado, Colcher et al. (2005, p.5), especifica que a alteração da rede de analógica para digital juntamente com os avanços da própria tecnologia digital vivenciada pelos sistemas computacionais, apenas serviu para reforçar a ideia de que as duas utilizadas em conjunto trariam grandes benefícios.

As centrais de comutação são responsáveis por prover os serviços de telefonia ao usuário e podem ser divididas em outras com responsabilidades diferentes. Hoje o sinal que chega a elas é analógico, cabendo a mesma o processo de conversão para que ele possa ser transmitido na rede telefônica, que como visto anteriormente é digital.

Pode-se dizer que as centrais de comutação abrangem pequenas localidades como bairros de uma cidade, por exemplo, enquanto que as telefônicas são responsáveis por uma área maior como, por exemplo, cidades e regiões metropolitanas, além de intermediar as ligações entre centrais de comutação diferentes.

Conforme Bernal (2007, p.33): “Na telefonia o elemento central da rede é denominado Central de Comutação ou Central Telefônica”. Essas centrais de comutação telefônica podem iniciar chamadas, pelo recebimento de sinalização dos assinantes, através das linhas telefônicas ou dos troncos telefônicos. Essas centrais podem também encaminhar e receber encaminhamento de chamadas, uma com as outras, pela troca de sinalização.

Parafraseando Costa (2008, p.24) a comutação de circuitos usada na telefonia possui algumas desvantagens com relação à comutação de pacotes utilizada pelo VoIP. É necessário durante os horários de pico configurar o número máximo de chamadas suportadas para que não haja perdas devido a congestionamentos. Além disso, por utilizar

conexões dedicadas é desperdiçada muita largura de banda o que não ocorre no VoIP, que a compartilha com outros aplicativos da rede tornando mais eficiente seu uso. Por outro lado na comutação de circuitos não há concorrência entre os usuários, pois para Colcher et al. (2005, p.45): “Existe a garantia de que uma capacidade de transmissão estará sempre disponível quando as estações desejarem se comunicar[...]”. Além disso, “uma grande vantagem dessas redes é não necessitar de empacotamento de bits para transmissão. O empacotamento introduz um retardo adicional que pode muitas vezes não ser suportado”.

Mahler (2004 apud KNABBEN, 2008) especifica que, a Central Automática de Comunicação Interna e Externa, mais conhecido como PABX (*Private Automatic Branch Exchange*), ou simplesmente como PABX convencional, é uma central telefônica particular normalmente em empresas dos quais necessitam ter vários ramais internamente, o PABX surgiu como um equipamento analógico que permite realizar várias ligações entre os telefones (ramais) automaticamente sem a necessidade de ter um operador, sendo que esses ramais podem ter acesso externo e realizar ligações com os telefones da rede pública de telecomunicações.

Em relação à rede pública de telecomunicações, o PABX além de gerenciar a telefonia interna pode oferecer alguns serviços extras como espera de chamadas, correio de voz, transferência de chamadas, dentre alguns outros.

## CAPÍTULO 2

### VOZ SOBRE IP (VOIP)

#### 2.1 Histórico das Redes de Transmissão de Voz Sobre IP

Parafraseando Bernal (2007, p.2) as primeiras aplicações VoIP surgiram por volta da década de 70 com objetivos militares. Com o acréscimo da evolução da capacidade de processamento dos microcomputadores das aplicações multimídia, bem como a massificação da utilização da internet e o desenvolvimento da tecnologia de processamento de voz segmentada em pacotes de bits, tornaram viável o transporte ponto a ponto de pacotes de voz compartilhando o mesmo enlace físico e permitindo que roteadores de pacotes IP conectem os pacotes de origem e destino de uma comunicação de voz.

Destarte, Souza (2003, p.23) considera que a telefonia sobre IP (*IPtel – IP Telephony*):

É também designada como Voz sobre IP (*VoIP – Voice over IP*) ou ainda Telefonia sobre Internet (*Internet Telephony*). A Telefonia sobre IP é definida como a comunicação multimídia entre dois ou mais participantes, em outras palavras, significa dizer que é uma ligação telefônica realizada através da rede IP. Porém o uso comum do termo telefonia IP não deve ser entendido somente como transporte de voz, mas também como transporte de outros tipo de meios como vídeo e dados.

O VoIP é um protocolo de redes, isto é, trata-se de normas e regras implementadas para que a voz saia de uma origem, seja dividida em pacotes, trafegue por redes de dados através do TCP/IP, chegue ao destino, cujo os pacotes sejam reunidos e reorganizados, reconstruindo assim a voz para que esta seja reproduzida para o destino. Considerado como um acrônimo de *Voice over IP*. É uma tecnologia que permite realizar chamadas telefônicas sobre uma rede de dados IP como se tivesse utilizando a rede STFC (Sistema de Telefonia Fixa Comutada), transmitindo a voz digitalizada em uma rede IP.

Com a ampliação das velocidades de acesso à internet, o VoIP passou a fazer parte do dia-a-dia das grandes corporações, com o objetivo inicial e principal de reduzir o valor das contas telefônicas. Segundo Costa (2003 apud VIEIRA, 2007, p.10): “Um dos pontos fundamentais para a adoção das tecnologias VoIP é a possibilidade de redução

significativa nos gastos com ligações (via PSTN) e a facilidade na comunicação entre os usuários do sistema”.

Com isso o VoIP trouxe diversas novas possibilidades para a comunicação moderna. Sendo que, a principal diferença entre o VoIP e a telefonia como conhecemos tradicionalmente é a forma como a voz é transportada.

## 2.2 Tipos de Implantação de VoIP

Conforme Costa (2003 apud VIEIRA, 2007, p.11) há duas possibilidades de implantação da tecnologia VoIP:

- Serviço puramente VoIP – Todos os usuários do sistema estão conectados a internet (ou intranet), neste modelo os PABX's (*Private Automatic Branch eXchange*) são substituídos, sendo inseridos novos elementos que possibilitam a comunicação (servidor VoIP, *softphones*, ATA – Adaptador de Telefones Analógicos, etc.).
- Gateways de voz – Equipamentos são utilizados para interligar a rede IP, podendo também interligar PABX tradicionais geograficamente distantes.

Sendo que, no Serviço puramente VoIP a vantagem está relacionada com a eliminação dos gastos com a infraestrutura de uma rede telefônica, tais como: PABX, aparelhos telefônicos e cabeamento. Porém, na segunda possibilidade a vantagem está na economia com ligações que normalmente passariam pela PSTN, sejam locais ou longas distâncias.

## 2.3 Benefícios da Transmissão de Voz Sobre IP

O desenvolvimento da tecnologia VoIP requer incentivos, e o que impulsiona para tal, são as vantagens que ela traz tanto para as corporações como para um usuário final. A ideia geral da utilidade das transmissões de voz sobre IP para as corporações será para integrar as tecnologias de rede em uma só infraestrutura, ou seja, conceito de convergência já visto em tópicos anteriores, que é a integração das redes de dados com a rede de voz e vídeos. Essa integração pode trazer diversos benefícios, entre eles estão:

**Redução de Custos:** A ligação sendo realizada, por exemplo: através do ramal de um PABX de São Paulo (matriz) para um fixo no Rio de Janeiro (filial). Os PABX's entre matriz e filial se comunicam através da rede de dados, e do Rio de Janeiro para o fixo

através da PSTN que se encontra interligada com o PABX da filial, assim, reduzindo custos como se fosse uma ligação para fixo.

Já a figura 7 abaixo detalha um comparativo utilizando uma operadora que utiliza telefonia na Internet:

Operadora	Valor da Ligação por minuto	
	De São Paulo ao Rio de Janeiro	
	Fixo	Celular
<b>G1-VoIP</b>	<b>R\$0,07</b>	<b>R\$0,50</b>
Embratel	R\$0,63	R\$1,53
Telefonica	R\$0,70	R\$1,72
Brasil Telecom	R\$0,82	R\$1,90
Intelig	R\$0,70	R\$2,38

**Figura 7:** Comparativo: G1-VoIP X Operadoras de Telefonia Convencional.

**Fonte:** G1 VoIP & Inforsolutions.

Infraestrutura única: a convergência das redes de dados e voz, conseqüentemente, fará com que a nossa rede física (LAN) torne-se também única, já que tudo trafegará dentro dela. O principal benefício é a unificação das equipes de telefonia e de TI, da manutenção de uma única estrutura física de cabos, ou seja, os custos com infraestrutura são drasticamente reduzidos.

Privacidade: permite a autenticação de quem realiza a chamada, através de uma palavra-chave e certificados criptográficos.

Mobilidade: Imagine-se utilizando VoIP para a telefonia, utilizando seu notebook, pode usar um *softphone* ou ainda um telefone IP Wi-Fi e usar a rede wireless da empresa. Já existem alguns equipamentos com a possibilidade de ter o seu chip GSM e também ter configurado o seu número VoIP, conectado ao provedor VoIP pela rede de dados da companhia de celular, como 3G, por exemplo. Permitindo que você realize e receba chamadas tanto pelo seu número de celular quanto pelo VoIP.

Controle de sistema de telefonia: Não há mais a necessidade de chamar uma empresa de manutenção da central PABX para a realização de tarefas corriqueiras, como a criação de um ramal ou a alteração de uma rota. Com o VoIP, mais especificamente com o Asterisk (que será abordado no próximo capítulo), você se torna o responsável por todas as

alterações de configuração necessárias e fica independente, pois o sistema é totalmente aberto e de fácil manutenção.

## 2.4 Obstáculos para o VoIP

Há a necessidade de cuidados especiais para que a solução de uma tecnologia não se torne um problema, a convergência de dados e voz e até mesmo vídeo em uma única rede traz grandes economias e benefícios, hoje em dia, como citado anteriormente, mas a inserção da voz na rede de dados requer uma atenção redobrada, para que os problemas sejam sanados e que a tecnologia VoIP se consolide de vez.

Existe uma expressão qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) que para Bernal (2007, p.92):

Como nas redes de pacotes a capacidade de processamento de pacote dos roteadores e a capacidade de tráfego nos canais de comunicação são compartilhados pelas diversas conexões simultâneas, e o tratamento de congestionamento é o simples descarte dos pacotes em excesso, o principal objetivo da QoS passa a ser priorizar o tráfego de pacotes das aplicações sensíveis a atrasos de propagação e perdas de pacotes, como nas aplicações VoIP, em relação a outras aplicações menos sensíveis, como a comunicação de dados.

A rede IP tem como o princípio o melhor esforço, onde é usado de todos os esforços para a tentativa de entrega dos pacotes ao destino, dentre outros obstáculos que melhor serão estudados no tópico seguinte.

## 2.5 QoS – Qualidade de Serviço

A descrição de QoS é desenhada pela recomendação do Melo et al. (2010, p.23), onde se define a qualidade de serviço como sendo:

O efeito coletivo provocado pelas características de desempenho de um serviço, determinando o grau de satisfação do usuário. Tal definição engloba, originalmente, vários aspectos de diversas áreas de atuação, incluindo o nível de satisfação do usuário.

É de importância significativa a QoS em uma rede convergente com voz e dados porque o comportamento de cada tipo de pacote na rede pode trazer mais ou menos

desconforto ao usuário, pois cada pacote tem acesso aos mesmos recursos, ou seja, sem nenhum controle, podem influenciar no funcionamento de outras aplicações.

Segundo Tanenbaum (2003 apud HANSEN, 2009, p.5):

As necessidades da cada fluxo – sequência de pacotes desde sua origem até seu destino - podem ser caracterizadas por quatro parâmetros principais: confiabilidade (característica necessária ao fluxo de dados), retardo, *Jitter* e largura de banda. Juntos, estes definem a QoS (*Quality of Service* – Qualidade de Serviço) que o fluxo exige.

Já Pinheiro (2005, p.24) relata que a rede IP tem como o princípio o melhor esforço, onde é usado de todos os esforços para a tentativa de entrega dos pacotes ao destino, mas não garantem até mesmo se eles vão chegar (pacote perdido), se vão chegar na ordem, se vai haver atraso na entrega (*delay*), ou se vai haver diferentes atrasos na entrega dos pacotes (*jitter*).

Todos esses problemas são até aceitáveis para o tráfego de dados na rede IP, mas não são aceitáveis no tráfego de voz que precisa da transmissão em tempo real.

Exemplo de consequência do *delay*:

Mensagem de origem: Olá, tudo bem?

Mensagem de destino: .....Olá, tudo bem?

Conclui Forouzan (2006 apud HANSEN, 2009, p.5) que:

O *jitter* é a variação no retardo dos pacotes que pertencem ao mesmo fluxo. Por fim, largura de banda é a necessidade de transmissão de cada aplicação, que pode variar entre alguns milhares de *bits* (email) a milhões de *bits* por segundo (videoconferência).

O *Jitter* é considerado como a variação do *delay* da chegada dos pacotes ao destino, assim, Bernal (2007, p.96) relata que o uso de memórias intermediárias (*buffers*) elásticas na recepção de pacotes VoIP neutraliza esse efeito, pois uniformiza o atraso entre a chegada de um pacote e do próximo.

Exemplo de consequência do *Jitter*:

Mensagem de origem: Olá, tudo bem com você?

Mensagem de destino: Olá....., tudo bem..... com você?

Em relação ao retardo, Tanenbaum (2003 apud HANSEN, 2009, p. 6) informa que:

Aplicações que tem como característica de seu funcionamento o tempo real, como telefonia e videoconferência, possuem requisitos específicos no que tange o retardo. Se as palavras em uma ligação telefônica forem retardadas 2.000 segundos, os usuários irão considerar a conexão inaceitável.

A largura de banda disponível é um fator essencial para obter uma qualidade de serviço em conversações com VoIP. Segundo Gonzalez (2007, p.30):

A largura de banda para a transmissão de voz depende de vários fatores e em uma conversação VoIP deve ocorrer em tempo real, tais dados devem possuir uma prioridade em relação a outros eventuais. Para resolver estes problemas, torna-se necessário a implantação de regras de QoS, priorizando o tráfego de voz sobre os outros tráfegos não sensíveis a latência e garantir ou limitar a banda para os serviços, buscando assim o equilíbrio de todo o sistema.

O problema dos pacotes fora de ordem poderia ser resolvido com o auxílio de um protocolo de transporte TCP que verifica a sequência das mensagens e faz as devidas correções. Entretanto, na prática tem-se que a grande maioria das aplicações multimídia opta por utilizar o UDP ao invés de do TCP pela maior simplicidade e menor *overhead* deste protocolo (GOMES, 2005, p.32).

Nestes casos, pode solucionar o problema de sequenciamento deve ser resolvido por protocolos de mais alto nível normalmente incorporados à aplicação como, por exemplo, o RTP (*Real Time Transfer Protocol*).

## 2.6 Equipamentos VoIP

Em implantações de soluções VoIP, faz-se necessário adquirir equipamentos específicos que proporcione um funcionamento que ofereça uma configuração rápida e fácil, visando assim a redução nos investimentos necessários para à convergência de dados e voz. Abaixo se relata alguns desses equipamentos de suma importância para um sistema VoIP:

### 2.6.1 ATA

Conforme Colcher et al. (2005, p.146):

ATA é um acrônimo para Adaptador para Telefone Analógico. É um equipamento específico dessa tecnologia que permite conectar um telefone

convencional a um PC ou diretamente a uma rede IP, sendo responsável pela conversão analógico-digital do sinal de voz.

Os ATAs também são conhecidos como gateways VoIP. Suas configurações são realizadas através da interface acessível pelo navegador, possui recursos que gerencia uma alta flexibilidade e diversas opções de configuração e adaptação nos mais diversos ambientes. O adaptador ATA representado na figura 8 abaixo permite que um telefone analógico seja conectado a um sistema VoIP:



Figura 8: ATA.  
Fonte: 3CX.

### 2.6.2 Softphones

*Softphones* são programas que instalados em um computador permitem o estabelecimento de chamadas através do IP. Conforme Colcher et al. (2005, p.146): “Esse *software* usa APIs de captura e reprodução de áudio e de comunicação via IP providas pelo sistema operacional para transmitir e receber amostras de áudio digitalizado empacotadas em datagramas IP”.

Este programa traz vantagem quanto a sua viabilidade de instalação, por exemplo, no notebook, tornando a mobilidade uma forma interessante de fazer chamadas de qualquer lugar do mundo que tenha acesso a uma rede sem fio. É possível encontrar diversos *Softphones* (vide figura 9) disponíveis na internet, alguns de código aberto, que são gratuitos e outros de proprietários, que precisam pagar uma licença de uso.



Figura 9: Softphone X-Lite.  
Fonte: FALECERTO.

### 2.6.3 Telefone IP

Análogo aos telefones convencionais, porém realiza internamente a conversão do sinal analógico da voz para o padrão digital em rede VoIP. No mercado tecnológico possuem diversas marcas e modelos de telefonia IP, cada qual com suas características individuais. Suas configurações básicas são realizadas no próprio aparelho e as avançadas pela interface acessível pelo navegador.

Segundo Grandstream (2007 apud GONZALEZ, 2007, p.49) a Telefonia IP Simples: “Possuem as opções básicas em um ramal IP oferecendo facilidade e autonomia nas ligações.”

Segundo Cisco (2008):

Os terminais telefônicos ou simplesmente telefones IP tem todas as funcionalidades que podemos esperar de um aparelho telefônico digital, além de se poder realizar funções muito mais sofisticadas como acessar uma página Web a partir deles.

Ilustração do Telefone IP conforme a figura 10 abaixo:



Figura 10: Telefone IP Cisco.  
Fonte: Cisco (2008).

## 2.7 Protocolos de Comunicação Usados em VoIP

Por se tratarem dos componentes da rede necessários para a troca de informações de controle e gerenciamento dos serviços da rede, os protocolos de comunicação usados em VoIP tornam-se importantes para as transmissões de Voz sobre IP.

Parafraseando Voltan Junior (2005, p.21) estes componentes podem fazer parte de dois grupos. O primeiro deles, os protocolos “mestre/escravo”, como por exemplo, o MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) e o Megaco. O segundo, os protocolos “peer-to-peer”, como por exemplo, o H.323 e o SIP (*Session Initiation Protocol*).

Portanto, os protocolos “mestre/escravo” são utilizados quando os componentes inteligentes exercem o controle sobre os componentes sem inteligência. Exemplo disso é a sinalização entre *SoftSwitch* e um *Media Gateway*. Já os protocolos “peer-to-peer” são utilizados em interações entre elementos inteligentes, sendo exemplo: a sinalização entre um *SoftSwitch* e telefones IP.

### 2.7.1 Estabelecimento e manutenção de chamadas VoIP

Segundo Bernal (2007, p.115), as funcionalidades e os procedimentos de uso, em uma instalação VoIP, devem ser mantidos. Logo, é necessário ter o processo de

sinalização para iniciar uma chamada, que deve ser realizado por um usuário, gerando sinalização com o envio de dígitos que identificam o terminal a ser conectado.

A seguir a figura 11 ilustra os detalhes sobre a sinalização de um usuário que inicia uma chamada:



**Figura 11:** In cio da conexão pela sinalização do usuário para a rede.

Fonte: Bernal (2007, p.115).

Dessa forma, etapas equivalentes às da sinalização telefônica devem ser realizadas para o estabelecimento da conexão entre terminais que, para Bernal (2007, p.116):

Processo de estabelecimento da conexão; estabelecimento e manutenção da conexão; comanda o início e o fim dos registros da bilhetagem, validação da conexão solicitada, controle e autorização do uso dos recursos da rede; supervisões da transferência ou finalização das conexões.

Para o cumprimento de todas as etapas e funções do processo de estabelecimento, manutenção e controle de conexão, verifica-se que   necessário incorporar protocolos complementares a seguir, em virtude, dos protocolos TCP-UDP/IP não proverem o suporte necessário.

### 2.7.2 H.323 e SIP

De acordo com Vieira (2007, p.13) o protocolo H.323   componente do rol de recomendações ITU-T (*International Telecommunications Union*) chamadas H.32x, cuja

função essencial é o provimento de multimídias sobre vários tipos de redes, ou seja, este protocolo narra em detalhes como a comunicação decorre entre terminais de usuário, equipamentos de rede e diversos serviços nas redes IP. Esse padrão segundo Coriolano (2003 apud VIEIRA, 2007, p.13) é tratado como uma especificação de sistema, pois sua documentação faz menção a outras recomendações.

Consolidando seu pensamento, Vieira (2007, p.13) especifica que uma comunicação H.323 sempre ocorre entre os seguintes elementos: Terminal, *Multiport Control Unit* (MCU), *Gateway* e *Gatekeeper*, sendo que estes podem estar fisicamente em um mesmo dispositivo (*hardware*), pois podem ser apenas componentes de *software*.

Pode-se relatar, de acordo com Voltan Junior (2005, p.33), que o SIP (*Session Initiation Protocol* – Protocolo de Iniciação de Sessão) trata-se de um padrão de sinalização/controle de chamadas em redes IP. Sua arquitetura tem origem em meados da década de 1990, mais precisamente na Universidade de Columbia e logo normatizada pelo “grupo de trabalho MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*) do IETF (*Internet Engineering Task Force*)”. Entretanto, só foi definida inicialmente em março de 1999 pela RFC (*Request for Comment*) 2543, e “logo após teve alguns aspectos melhorados que foram definidos na RFC 3261 em 2002”.

O mesmo Voltan Junior (2005, p.34) identifica as principais características do SIP, como:

Escalabilidade, flexibilidade e facilidade de criação de serviços, o que o torna um protocolo de fácil integração junto às aplicações já existentes na internet, isso se deve às semelhanças com os protocolos HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*). O SIP foi criado com a finalidade de ser um protocolo mais “fácil” dos que os já existentes no mercado, exemplo H.323. Esta facilidade está presente na criação, modificação e finalização de sessões, que podem ocorrer entre um ou vários integrantes. O SIP é um protocolo cliente-servidor, e tem um sistema que interage com o usuário.

Verifica-se que o padrão SIP age na Camada de Aplicação, e tem como função começar, firmar, transformar e finalizar as sessões da rede IP, bem como sua principal utilização são as chamadas VoIP, entretanto, teleconferências são suportadas por ele.

### 2.7.3 Comparação entre o H.323 E O SIP

Numa paráfrase de Voltan Junior (2005, p.45), o primeiro fato impressionante que se tem ao compreender o protocolo SIP é a sua velocidade e simplicidade diante do

H.323, só que o SIP consegue fazer em uma transação o que o H.323 realiza em várias. No entanto, é observado que o conjunto de protocolos que compõem o H.323 foi o primeiro a adotar o protocolo de Transporte de Tempo Real (RTP) para voz e vídeo em pacotes IP.

Especificando o protocolo na URL (*Universal Resource Location*) o SIP leva vantagem em relação ao H.323, já que o segundo protocolo considera que o padrão de sinalização que está sendo utilizado seja ele mesmo.

Outra vantagem do SIP sobre o H.323 é o campo de cabeçalho *Priority* não encontrado no H.323. No entanto, Voltan Junior (2005, p.46) revela:

Mas não é somente o SIP que tem vantagens, também podemos encontrar muitas vantagens ao se utilizar o protocolo H.323 como, por exemplo, o uso de canais lógicos pelo protocolo H.323. O H.323 faz uma distinção clara entre os tipos de mídia que podem ser válidas por um lado (capacidades) e os tipos de mídia que estão ativos e, de fato, enviados para a rede (canais lógicos) por outro lado. O cliente H.323 também toma vantagem ao precisar abrir um soquete apenas quando ele recebe uma mensagem *OpenLogicalChannel* (se não estiver no modo *FastStart*).

Desse modo, pode-se dizer que tanto o SIP quanto o H.323 tem certas diferenças, todavia, também tem qualidades que os fazem ser um melhor do que outro.

#### 2.7.4 MGCP (*Media Gateway Control Protocol*)

De acordo com Bernal (2007, p.121) o MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) é um protocolo VoIP:

Usado para a comunicação entre elementos lógicos de um *gateway* multimídia, composta por duas partes. Na primeira por um agente de chamadas, que contém a inteligência para executar o controle das chamadas, e na segunda parte, por um *gateway*, de meio, que contém as funções para a adequação ao meio de comunicação, tal como a conversão de voz em taxa constante de bits do padrão da telefonia digital, para o padrão de pacotes de voz em protocolo IP.

Nesse caso, é revelado que o MGCP, em sua estrutura trata-se de um protocolo na qual suas transações são compostas de um comando e uma resposta obrigatória.

Serão detalhados nos tópicos seguintes os protocolos para tempo real por se julgar como necessária uma explanação a respeito deles.

### 2.7.5 Protocolos para tempo real

Sabe-se da existência de protocolos na camada de aplicação na rede que tem como proposta a melhoria na entrega de dados que tem obrigação de serem passados pelos aplicativos em tempo real, caso de áudios e vídeos interativos. Logo, uma conversação telefônica – que também acontece em tempo real – é necessário o uso de protocolos característicos de tempo real que colaboram (com o intuito de eficácia) com o processo de transmissão da voz. E, entre os existentes, pode-se evidenciar os protocolos RTP e o RTCP.

#### 2.7.5.1 Real-time Transport Protocol (RTP)

Parafraseando Gomes (2005, p.55) pode-se dizer que o protocolo RTP (*Real-Time Transport Protocol*) providencia serviços de entrega fim-a-fim para dados com peculiaridades de tempo-real, ou seja, suporta transferência de dados para múltiplos destinos, usando distribuição *multicast* e também possui habilidades como; reconstrução de sincronismo, detecção de perda de datagrama, segurança, entre outras. Todavia, não há execução às funcionalidades de confiança de excelência de serviço e eficiência de entrega.

Observa-se que as aplicações normalmente utilizam o RTP articulado com o UDP. Entretanto, o RTP pode ser usado com diversos tipos de transporte, como também o TCP.

#### 2.7.5.2 Real-time Transport Control Protocol (RTCP)

Conforme Gomes (2005, p.55), é possível conceituar o RTCP (*Real-Time Transport Control Protocol*) como sendo um protocolo que pode ser utilizado em conjunto com o RTP, todavia sua utilização não se faz necessária para que o RTP realize, com precisão e regularidade, a função ou operação a qual foi desenvolvido ou preparado.

Neste âmbito, Gomes (2005, p.56) pronuncia que o RTCP:

Trata-se de um protocolo opcional cuja principal função é transmitir periodicamente pacotes de controle para os participantes de uma conversação com o objetivo de monitorar a qualidade de serviço e transportar informações úteis de tais participantes. Trata-se de um protocolo bastante utilizado em aplicações de vídeo-conferência.

De acordo com o enunciado pelo autor, ainda que as informações regressadas pelo RTCP não indiquem onde específico problema está ocorrendo, elas podem exercer o papel de ferramenta para a exatidão da localização do problema, uma vez que as informações podem ser produzidas por inigualáveis *gateways* em uma rede. E isso colabora com a especificação da área da rede em que o problema esteja acontecendo.

## CAPÍTULO 3

### ASTERISK

#### 3.1 Buscando Suportes

Historicamente, pode-se dizer que o sistema de telefonia denominado Asterisk teve início com o Projeto Zapota de Telefonia, desenvolvido pelo engenheiro consultor de telefonia, Jim Dixon, que se encontrava inspirado pelos progressos em velocidades de CPU que a indústria de computadores havia alcançado.

Nesse caso, numa paráfrase de Meggelen, Smith e Madsen (2005, p.2), a ideia de Dixon era que sistemas de telefonia mais econômicos podiam ser criados, caso existisse um cartão em que fosse inseridos nada mais do que elementos eletrônicos básicos necessários para a realização de interface com um circuito de telefonia, ou seja, em vez de possuir componentes caros no cartão, o Sistema Digital de Processamento (DSP) seria manipulado na CPU por *software*.

Dixon estava com a razão ao idealizar que o baixo custo das CPUs relativo ao seu desempenho, mesmo que isso obrigasse numa tremenda carga à CPU, fazia delas muito mais atraentes que DSPs caras. E mais essencial, a sua relação custo/desempenho deveria continuar a melhorar à medida que a CPUs produzissem mais potência. E, como do resultado da contribuição de Dixon, foi feito o aparelho da Rede de Telefonia Pública Chaveado Asterisk (PSTN).

O futuro não tão distante quanto afirma Shepard (2007, p.104) é sobre o IP Versão 6 (IPv6) devido ao largamente não-previsto crescimento da internet. No entanto, possibilitando alterações como um maior espaço de endereço IP de 32 para 128 bits, o que significa um espaço adicional de endereços deve ser alocado e os dispositivos transportando estes pacotes devem ser capazes de lidar com este tamanho estendido, melhor suporte para as exigência diferenciáveis de QoS, e melhoramentos em relação à segurança, confidencialidade, e integridade de conteúdo. O Asterisk tendo em sua versão 1.8 ligada ao Google Talk, possuindo RTP para rastreamento de chamadas, e incluindo nas novas funcionalidades suporte à IPv6.

Quanto à origem do sistema Asterisk, Keller (2009, p.26), explica que o Asterisk é a:

Implementação de uma central telefônica PBX (*Private Branch Exchange*) em software. Criado por Mark Spencer em Dezembro de 1999 e distribuído livremente pela Digium, seguindo a licença GPL (*GNU General Public License*). O nome Asterisk vem do símbolo (\*), muito pequeno no mundo da telefonia. E por meio da sua distribuição GPL, centenas de programadores contribuíram e contribuem para o desenvolvimento do produto seja adicionando novas funcionalidades, seja testando e reportando eventuais *bugs* dos sistema.

Na mesma linha de pensamento a respeito da origem do Asterisk, Keller (2009, p.27) especifica que esse tipo de sistema:

Foi originalmente desenvolvido para o Linux, mas atualmente pode ser instalado em uma grande variedade de sistemas operacionais, incluindo NETBSD, Open BSD, FreeBSD, Mac OS, Solaris e até mesmo Windows no qual é conhecido por Asterisk Win32.

Sabe-se que estatisticamente, entre outras informações, conforme Keller (2009, p.27), que o Asterisk possui: mais de 1.500.000 de downloads em 2008; mais de quatro milhões de servidores instalados rodando Asterisk; mais de 17.700 listas de discussão sobre Asterisk; e mais de 200 provedores de todo o mundo estão usando o Asterisk, entre outras informações estatísticas.

### 3.1.1 Caracterizando o Asterisk

Entende-se o Asterisk como sendo um *software* com Licença GPL executor de todas as funções de uma central telefônica convencional, porém, utilizador das principais tecnologias de comunicação existentes no mercado. Entre elas: Links de telefonia digital via placas de comunicação TDM (*Time Division Multiplexing* – Multiplexação por divisão de Tempo); linhas telefônicas analógicas; VoIP (*Voice Over IP*, ou Voz sobre IP) por meio dos protocolos SIP, H.323, IAX2, MGCP, SKINNY Google Talk, Skype, entre outros.

Neste âmbito, caracterizando o Asterisk, Keller (2009, p.27) afirma que o Asterisk:

Possui todas as funcionalidades das camadas centrais telefônicas convencionais, como URAS, correio de voz, sala de conferência, distribuição automática de chamadas, discador automático, servidor de música em espera, entre outras, e, caso seja necessário, é possível acrescentar novas funcionalidades ao sistema pelo próprio plano de discagem do Asterisk, módulos customizados escritos e

linguagem C ou ainda por meio de scripts escritos em Asterisk Gateway Interface (AGI).

Complementando o rol de características do Asterisk, Keller (2009, p.28-29), especifica que é em número de quatro os componentes básicos de funcionamento e operação desse tipo de sistema. São eles:

**Protocolo:** formas como os clientes se comunicam com o servidor Asterisk. Podemos, por exemplo, ter um cliente falando *SIP (Session Initiation Protocol)* e outro falando *IAX2 (Intra-Asterisk eXchange)*. O servidor Asterisk fará a sinalização e o transporte da mídia entre os clientes, sempre se colocando entre os mesmos. **Canal de Comunicação:** Todo cliente possui uma identificação para o sistema, ramal 4000, por exemplo, assim como todo cliente usa um protocolo para se comunicar com o servidor Asterisk juntando as duas informações, protocolo SIP e identificação 4000, temos o que chamamos de canal de comunicação: SIP/4000. **Codecs:** Modo como o áudio foi digitalizado para o seu transporte dentro da rede. **Aplicação:** todo o processamento do Asterisk está baseado em seu plano de discagem, ou seja, na organização das regras de discagem, formadas por aproximadamente 170 aplicações.

Diante do contexto apresentado, qualquer chamada processada por um servidor Asterisk tende ao mesmo procedimento. Isto é, se um cliente remete uma sequência de caracteres para o servidor, autenticado esse cliente, segue-se uma busca por uma regra equivalente aos caracteres recebidos dentro dos grupos de regras associados a ele, assim é executada a aplicação especificada na regra, e a chamada é completada.

A esquematização de uma chamada através do Asterisk (vide figura 12).

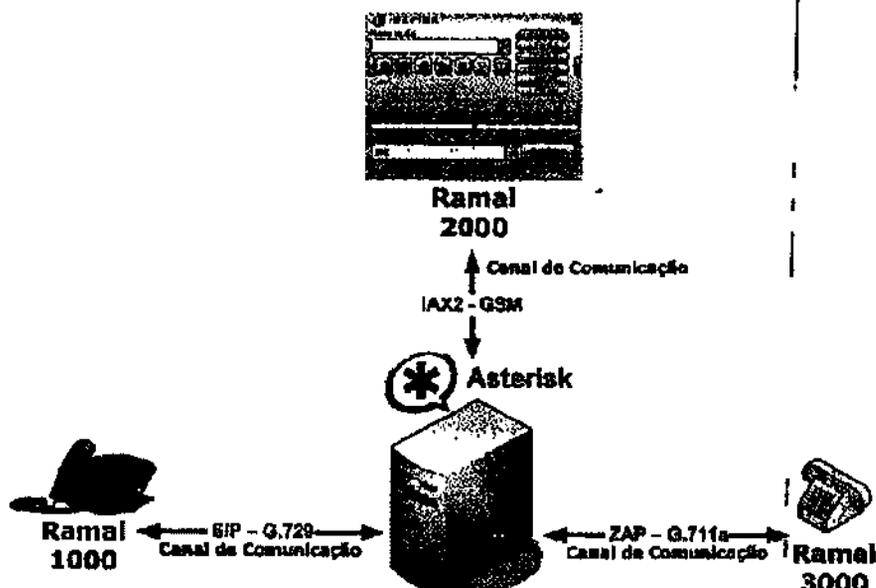


Figura 12: Diagrama de uma chamada Asterisk.  
Fonte: Keller (2009, p.29).

Evidenciadas as características do sistema Asterisk, passa-se agora a relatar sobre os seus fundamentos essenciais.

### 3.2 Asterisk Fundamentos Essenciais

Por se tratar de um programa de código aberto, sendo essa uma das grandes vantagens do Asterisk, possibilita alteração diretamente no código-fonte em casos onde a necessidade de sua personalização requer alto nível.

Outra de suas vantagens é a da disponibilidade gratuita do Asterisk na internet, propiciando o acesso a qualquer pessoa nela conectada. Logo, a existência de milhares de indivíduos dispostos a uma análise, consulta e melhoramento do código-fonte, possibilita o encontro de falhas e o relato ou o programa de correção muito intenso, ou seja, torna o desenvolvimento do Asterisk bastante eficiente, eficaz, seguro e estável.

#### 3.2.1 A comunidade Asterisk

Numa paráfrase de Meggelen, Smith e Madsen (2005), uma das incentivadoras forças do Asterisk é a sua comunidade apaixonada que o desenvolveu liderada por Mark Spencer da Digium, que é muito cuidadoso com a expressão cultural do Asterisk e encontra-se muito otimista com o seu futuro.

Dessa forma, um dos mais importantes efeitos colaterais da energia da comunidade Asterisk é a sua cooperação distribuída entre os profissionais de redes, profissionais de telecomunicações e profissionais de tecnologia de informação, que se unem em um amor por esse fenômeno, pois, apesar do isolamento desses profissionais, uns dos outros, na comunidade Asterisk eles se dedicam com os conhecimentos mútuos. E o significado dessa cooperação não pode ser subestimado.

Para Meggelen, Smith e Madsen (2005, p.4):

Além disso, se o sonho do Asterisk é se tornar percebido, a comunidade deverá crescer – um dos ainda grandes desafios que a comunidade enfrenta atualmente é um rápido influxo de novos usuários. Os membros da atual comunidade, que fizeram nascer essa coisa chamada Asterisk, estão geralmente recebendo bem os novos usuários, mas estão ficando impacientes por serem questionados sobre coisas cujas respostas podem ser normalmente obtidas independentemente se alguém está desejando gastar o tempo necessário para pesquisa e experimentação.

Meggelen, Smith e Madsen (2005, p.4) são mais taxativos quando relatam que:

Obviamente, os novos usuários não compõem um modelo fixo. Enquanto alguns irão alegremente gastar horas em experimentação e leitura dos vários blogs que descrevem as tentativas e atribuições de outros, muitas pessoas que fizeram entusiasmadas com essa tecnologia são completamente desinteressadas em tais tarefas. Elas só querem um guia direto, passo a passo que os inspira e os ponha a par do assunto, seguido de alguns exemplos que destacam os melhores métodos de implementação da funcionalidade comum (como secretária eletrônica, auto-atendentes e coisas desse tipo).

Objetivas e oportunas as palavras dos autores que, na continuidade da paráfrase de seus enunciados referentes à comunidade Asterisk, seus membros experientes percebem que o Asterisk é como uma linguagem de aproximação, essa aproximação dos novos usuários não faz nenhum sentido, pois, para esses membros experientes, fica evidente que alguém deveria apreciar suas próprias sutilezas, ou seja, parece não existir nenhum indivíduo que pergunte por um guia passo a passo de programação e espere aprender nele tudo o que uma linguagem tem a oferecer.

Portanto, não fica claro a existência de uma aproximação que seja a certa para todos. Isto é, o Asterisk é conhecido como sendo um sistema ímpar e que necessita de uma diferente atitude mental. Além disso, ao se explorar a sua comunidade, é preciso ter cuidado pelo fato de existirem pessoas com muitos conhecimentos e atitudes diferentes. Na realidade, algumas dessas pessoas não demonstram muita paciência com novos usuários, entretanto, isso se deve normalmente as suas paixões pelo Asterisk, e não porque são contrárias à participação de novos usuários.

### 3.2.2 A relação custo/benefício

De acordo com Gonzalez (2007, p.36), o Asterisk:

Possui uma excelente relação custo/benefício, pois além de ser um software livre, o Asterisk pode ser diversos Sistemas Operacionais, incluindo GNU/Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD e Sun Solaris instalados num micro-computador convencional. Em casos de manutenção encontra-se assistência técnica facilmente, bem como rápida reposição das peças. Esses são os principais fatores que contribuem para o Asterisk® ser uma solução de PABX IP flexível e de baixo custo.

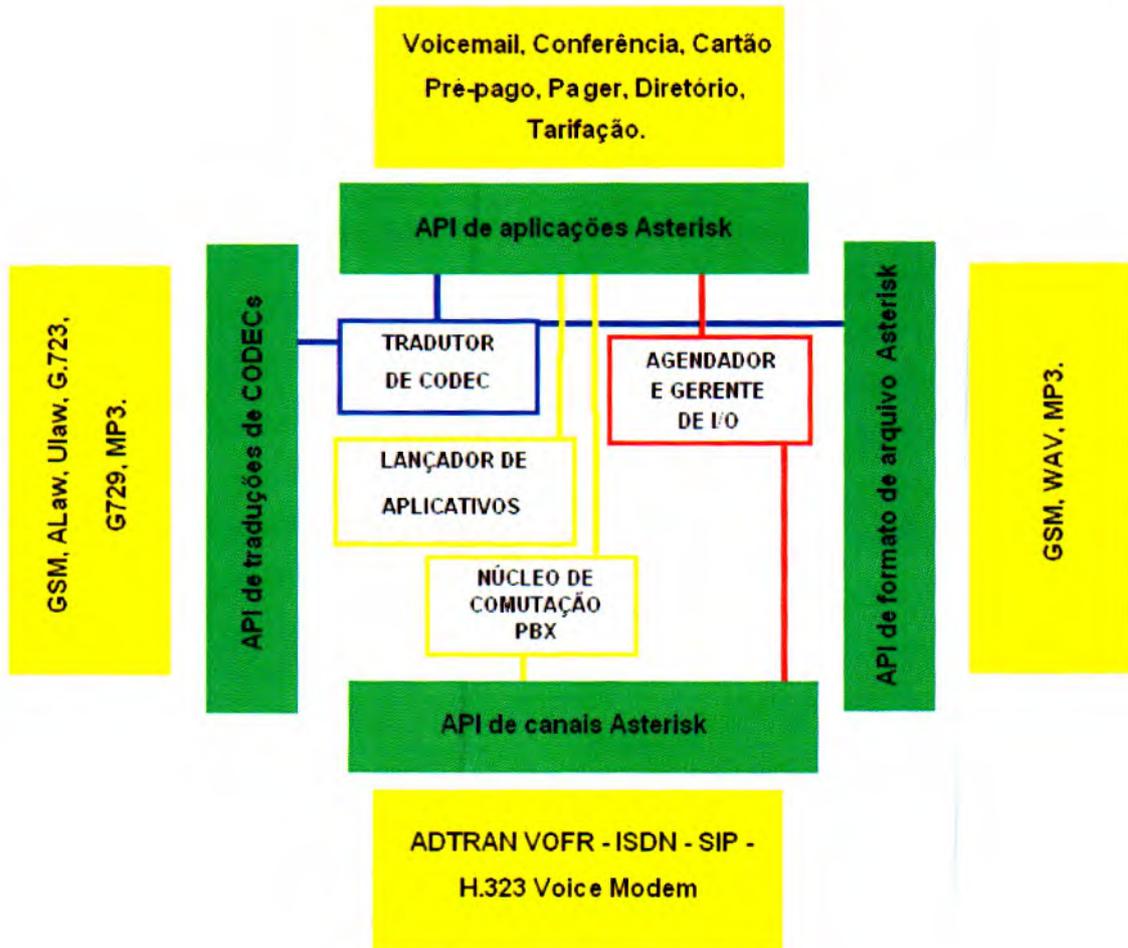
Pode-se dizer, então, que o Asterisk permite a baixo custo soluções profissionais e estáveis, para os mais variados tipos de aplicações. E, consolidando o seu enunciado, Gonzalez (2007, p.36) especifica que o Asterisk ao utilizar a tecnologia de VoIP com diferentes protocolos, possibilita a integração com os mais variados equipamentos de telefonia no mercado, sendo possível conectar a PSTN, por intermédio das placas de telefonia analógica e/ou digital, interagir com outras redes VoIP, “assim como interligar tudo a telefonia entre matriz e filiais através da internet, permitindo assim a comunicação direta entre as empresas a custo zero”.

Dessa forma, pode-se enunciar, entre outros, fatores que contribuem para que o Asterisk seja uma alternativa de PABX IP de baixo custo: é instalado em um microcomputador convencional; não possui limitação para a quantidade de ramais; rico em aplicações e recursos avançados; faz uso do mesmo cabeamento de dados; acessibilidade dos cursos de placas analógicas/digitais; utilização dos aparelhos telefônicos convencionais; é instalado em sistemas operacionais livres e sem custos; trata-se de um *software* livre desprovido de custos; utiliza *softphone* como ramal; possui ponto de junção com operadores VoIP e entrocamento com filiais; além de flexível com rotas de menor custo.

### 3.2.3 A arquitetura

Evidenciando Gonzalez (2007, p.37), pode-se dizer que a arquitetura do Asterisk foi elaborada com metas à flexibilidade, suporte e compatibilidade com os mais diferentes equipamentos de telefonia do mercado: peculiaridade essa que possibilita o desenvolvimento de novas aplicações, equipamentos, e a realização da adequação de programas e equipamentos existentes.

Abaixo Pinheiro (2005, p.40) apresenta um modelo da arquitetura do Asterisk:



**Figura 13:** Arquitetura básica do Asterisk.  
**Fonte:** Pinheiro (2005, p.40).

Em análise ao modelo apresentado por Keller (2009, p.29), pode-se dizer que um servidor Asterisk trata-se de um laço de comunicação entre a internet e/ou PSTN e seus ramais, sendo o responsável pelo controle de chamadas passantes, ou seja, todas as chamadas telefônicas tendem a passar pelas camadas de sua arquitetura, basicamente composta por: canais, compressores, protocolos e aplicações.

### 3.2.4 Requisitos mínimos: software e hardware

Requisitos da configuração de um servidor conforme o Projeto PABX *Open Source*/Asterisk para Pequenas e Médias Empresas conforme Santos e Schaeffer (2009, p.7):

- Processador de 3.0 Ghz;
- 2GB de memória RAM;
- HD de 200Gb;





**Figura 15:** Placa TDM400P.  
**Fonte:** Pinheiro (2005, p.45).

### 3.3 Justificativas para adotar Asterisk nas Empresas

Meggelen, Smith e Madsen (2005, p.4) relatam que nunca na história das telecomunicações houve disponibilidade de um sistema tão adequado para as necessidades empresariais, a qualquer preço. O Asterisk é uma tecnologia habilitadora e, da mesma forma que o Linux, será cada vez mais raro se encontrar uma empresa que não esteja executando alguma versão do Asterisk, de alguma capacidade, em alguma parte da rede, resolvendo algum problema específico.

Já Silva (2009) revela as dez razões para a implementação de uma Central Telefônica Asterisk nas empresas. São elas:

Integração de sistemas e banco de dados; gerenciamento e controle total das ligações; uso de robôs e recados de voz; gravação de conversas; Dialplan para melhor uso das tarifas; possibilidade de múltiplos provedores VoIP; automatização de entradas e saídas; uso de voz, vídeo e INSTANT MESSENGER, todos integrados; grupos ramais; sensor de presença.

Revelando também as vantagens que toda e qualquer tipo de empresa poderá ter com a implementação de uma Central Telefônica Asterisk, Silva (2009) pronuncia que:

Os recursos são uma das principais vantagens na utilização desse modelo de Central Telefônica. É uma solução simples e robusta, não é só em custo que se agrega na utilização, o servidor garante uma comunicação centralizada e organizada. Dessa forma, a distribuição de ramais é mais fácil e toda a

comunicação a custo zero, acréscimo de ramais e flexibilidade na administração são algumas características. Uma vez que se tem o controle e administração completa da Central, as limitações são mínimas, sem a necessidade de um técnico especialista unicamente para esse fim.

Segundo Pereira (2010) o sistema de telefonia *open source* especifica que para as empresas que já possuem números fixos de operadoras locais, sejam eles analógicos ou digitais, assim como os canais E1, o sistema Asterisk permite a integração de placas PCI e PCI Express para esse tipo de tecnologia e comparados ao custo de integração dessas placas aos PABXs proprietários, esse custo também é significativamente menor, além desse tipo de recurso, existem também placas para chips de operadoras de celular, fazendo com que todas as ligações efetuadas para números de celular saiam por essa interface, reduzindo ainda mais o custo com telefonia.

Consolidando o seu enunciado, Pereira (2010) pontifica:

Para empresas que possuem filiais em outros estados ou países a vantagem é ainda maior, pois toda a comunicação telefônica entre as empresas pode sair a um custo zero, para isso basta que todas as filiais possuam também um computador com Asterisk instalado e um *link* de internet para cada Asterisk, com isso toda a comunicação entre matriz e filiais será realizada através da internet sem a necessidade de nenhuma operadora de telefonia.

De acordo com a defesa dos autores citados na referência desta documentação em relação à aceitação do Asterisk pelas empresas, pode-se dizer que o Asterisk, vem sendo a solução adotada, consistindo em uma alternativa estável, flexível e viável tanto tecnicamente quanto financeira para empresas que tencionam somar recursos na estrutura de comunicação existente e reduzir custos com ligações telefônicas.

As justificativas para a estimativa da viabilidade simplificam-se segundo Bernal (2007, p.150) em fatores:

- Econômicos: Ganhos de escala; Nova infra-estrutura; Economias com tarifas e custos de serviços públicos de telecomunicações; Economia na infra-estrutura operacional.
- Técnicos: Tecnologia conhecida e bem disseminada nas empresas; Requisitos de segurança nas redes IP; Os dispositivos de fabricantes distintos são interoperáveis.
- Operacionais: Equipe única para administrar e manter uma rede para dados e voz; Integração com outros serviços inovadores em multimídia; Muito mais fácil de instalar e configurar que um sistema de telefonia proprietário;

### 3.4 Viabilidade de uma Aplicação Voz Sobre IP Fundada no Software Livre Asterisk em Casos Empresariais

A respeito da viabilidade de uma aplicação de Voz Sobre IP fundada no *software* livre Asterisk, procurou-se delimitar os argumentos, pelo fato de que seria necessário um enfoque exclusivo sobre o tema. Porém, sabe-se da existência da implementação de Centrais Telefônicas Asterisk em determinadas organizações empresariais do País. Entretanto, da mesma forma que como muitos outros projetos, tais como o Linux e a internet, a explosão do Asterisk foi fomentada pelos devaneios de pessoas que sabiam que havia alguma coisa a mais do que a indústria estava produzindo.

No quadro 2 idealiza a viabilidade comparando as vantagens e desvantagens dos inúmeros benefícios tragos com uma implementação de rede VoIP com Asterisk no segmento empresarial:

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Utilização de uma única infra-estrutura para prover serviços de dados e telefonia.	Custo inicial maior que o da telefonia convencional para compra de telefones IP, servidor, consultoria para realizar o projeto, implantação e manutenção.
Somente o custo de utilização do link de internet para ligações dentro da empresa (entre matriz e filiais ou entre filiais)	Pode ocorrer eco ou o travamento nas ligações caso o servidor não estiver configurado corretamente.
Redução drástica de custos para ligações interurbanas, nacionais e internacionais.	
Mobilidade e flexibilidade dos ramais, já que os ramais adotados de infra-estrutura VoIP podem conectar-se com a estrutura VoIP da empresa de qualquer ponto do mundo.	
Diversos recursos (Correio de Voz com integração de correio eletrônico, call Center, menu de atendimento automático, bloqueios, gravação das ligações, conexão com banco de dados, entre outros).	

Quadro 2: Viabilidade: vantagens x desvantagens no segmento empresarial.

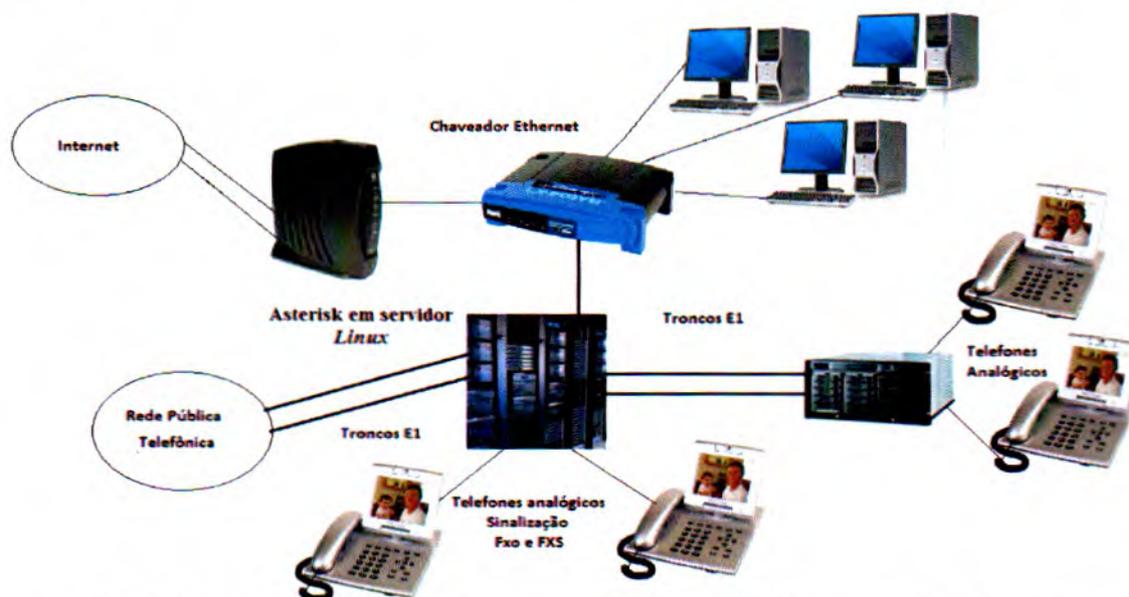
Recorrendo ao site oficial do Asterisk no Brasil, [asteriskbrasil.org](http://asteriskbrasil.org), denota a viabilidade da integração da tecnologia VoIP com o Asterisk, mostrando que: trata-se de um *software* para sistema operacional Linux que faz Voz sobre IP em três diferentes protocolos: H.323, SIP e IAX2 (protocolo aberto otimizado para voz com propósito de se comunicar com outros servidores Asterisk) e pode se integrar à maioria dos padrões de telefonia utilizando hardware de baixo custo.

Parafraseando Bernal (2007, p.171) a viabilidade das aplicações VoIP que usam o *software* para servidores Asterisk:

Permitem controlar diversos equipamentos e conexões de telefonia convencional e em VoIP. O Asterisk sendo implementado com placas de telefonia no padrão de linhas analógicas com sinalização do tipo fxs & fxo ou troncos digitais padrão E1. O software é capaz de tratar extensões em todos esses tipos de interface, comportando-se como um PBX que comuta troncos telefônicos e ramais, realizando a tradução entre os mais diversos protocolos e padrões de CODEC processados por hardware.

As conexões de telefonia convencional e em VoIP resume-se segundo Bernal (2007, p.171) em um servidor que recebe as chamadas vindas da rede de telefonia convencional ou IP trata-as e redireciona para os telefones IP, ou pode ainda encaminhar chamadas para um PABX convencional. Chamadas VoIP podem inclusive ser direcionadas à rede pública telefônica ou a serviços VoIP na Internet.

A figura 16 abaixo mostra a viabilidade de uma aplicação VoIP com o Asterisk:



**Figura 16:** Aplicação VoIP baseada em uma aplicação Asterisk de software aberto *freeware*.  
Fonte: Bernal (2007, p.172).

A figura 16 acima detalha a conexão do servidor Asterisk em *Linux* como servidor central (matriz), interligado através de Troncos E1 (padrão de linha telefônica digital que possui uma taxa de transferência de 2Mbps, permitindo a comunicação de até 30 canais dos 32 canais existentes simultaneamente) permitindo a comunicação do servidor Asterisk com uma central telefônica convencional em sua filial, por exemplo, mostrando a característica de se conectar a centrais convencionais sem se desfazer de sua infraestrutura atual, através da integração de placas PCI e PCI Express.

O servidor Asterisk podendo ser implementado (vide figura 16) com placas de telefonia no padrão de linhas analógicas com sinalização fxs & fxo funcionando como ramais. Contudo, através de roteadores que realizam o encaminhamento dos pacotes, o servidor central por ser um PABX IP interliga-se a um provedor de internet, tendo amplo acesso a comunicações pela rede IP e a ramais utilizando *softphones* ligados por placas *ethernet*, desta forma, o servidor Asterisk faz Voz sobre a rede IP através dos protocolos SIP, IAX2 e H.323 o que o possibilita a realizar a comunicação através da rede IP. Tendo a mobilidade como fonte crucial na comunicação entre a matriz, filial e funcionários, por exemplo, podendo todos os ramais ser interligados a custo zero através do servidor Asterisk ou através de pontos de junções de operadoras VoIP.

E finalmente, o servidor Asterisk possibilitando também através de troncos E1 a comunicação com a Rede Telefônica Pública Comutada (PSTN), reduzindo significativamente os custos com as ligações, especialmente, as de longa distância nacional ou internacional.

Afinal, o valor real de uma tecnologia não é normalmente conhecido antes de ser utilizado. Nesse caso, alentador em uma empresa é ter um sistema que contenha em seu núcleo o conceito de abertura e o valor da contínua inovação.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, entre outros relatos, foi apresentado o que existe de mais moderno em comunicações, tratando-se da convergência de diversas redes em uma única rede, capaz de suportar todos os serviços de tráfegos, mais especificamente da voz em uma rede IP (VoIP). Em outras palavras, como a estrutura da rede IP é bastante simples e utilizada no mundo todo, isso ajudou na percepção das vantagens que Voz sobre IP pode possibilitar para as empresas, por exemplo, utilizar uma rede IP já existente para incluir também o serviço de voz.

Há de se revelar que foi apresentado o *software* livre Asterisk como solução para implementação da tecnologia VoIP, demonstrando suas funcionalidades e peculiaridades que o tornam uma excelente escolha empresarial. Isto é, o Asterisk surge como um catalisador para a sua aceitação no âmbito empresarial em virtude de suas inúmeras funcionalidades associadas ao seu baixo custo de implementação.

Dessa forma, ficou evidenciado que o Asterisk possui viabilidade de aplicação Voz sobre IP em casos empresariais, por se tratar de um PABX IP, em *software open source* e gratuito, para Linux que suporta múltiplos protocolos como SIP, H.323, IAX2 e permite tanto a utilização de telefones em *software* como dispositivos telefônicos.

Portanto, as empresas por terem o objetivo de se comunicarem entre os ramais internos, bem como comunicar-se com a PSTN, acabam custeando soluções proprietárias que possuem custos elevados. Logo, o trabalho do empreendedor *Mark Spencer* e do engenheiro consultor de telefonia *Jim Dixon*, criaram um *software* que roda em Linux e distribuído livremente pela *Digium*, seguindo a licença GPL que é capaz de realizar funções de um PABX IP e outras funcionalidades a mais. Ou seja, *software* denominado de Asterisk, utilizando-se da tecnologia VoIP ficou bastante acessível a pequenas e médias empresas.

Na realidade, com todas as vantagens identificadas, fica evidente a Viabilidade de uma Aplicação Voz sobre IP fundada no *software* livre Asterisk em casos empresariais. Assim, essa viabilidade impera sobre uma redução significativa dos custos com ligações, especialmente, as de longa distância nacional ou internacional; e com este novo ambiente descortinado, é praticamente impossível prever limites às potenciais novas aplicações que podem ser oferecidos às empresas utilitárias desse *software* e a integração desta viabilidade utilizando essas tecnologias.

## TRABALHOS FUTUROS

Visando uma real viabilidade de uma aplicação Voz sobre IP juntamente com o programa *open source* Asterisk, será necessário a implementação/aplicação desta viabilidade em enfoque, com o objetivo de uma empresa comunicar-se com sua filial entre os ramais internos através da rede IP, bem como comunicar-se com a rede PSTN, tendo como catalisador do VoIP (Voz sobre IP) o *software* livre Asterisk, gerenciando e demonstrando através da implementação/aplicação de forma significativa o rápido retorno sobre o investimento necessário, aliado a potencialidade, redução de custos e a qualidade dessas tecnologias para as empresas.

## REFERÊNCIAS

- 3CX. **Use um telefone analógico via adaptador ATA.** Disponível em: <<http://www.3cx.com.br/voip-sip/telefones-ip.php>>. Acesso em: 7 jun. 2011.
- ALVES, Danniry David. **Estudo de Implantação do Serviço Voz sobre IP na rede de dados da Unimontes.** 2004. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Curso de Sistemas de Informação da Universidade Estadual de Montes Claros. Montes Claros: UNIMONTES, 2004.
- ARRUDA FILHO, Emílio José Montero; DHOLAKIA, Ruby Roy. **Uso de Convergência Tecnológica sem Regulamentação Apropriada: VoIP e competitividade.** v. 38. Brasília: [s.n.], 2009.
- BATTISTI, Júlio. **Décima Primeira parte do Tutorial de TCP/IP.** 13 set. 2006. Disponível em: <[http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip\\_p11.asp](http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip_p11.asp)>. Acesso em: 11 abr. 2011.
- BERNAL, Paulo Sergio Milano. **Voz sobre Protocolo IP: a nova realidade da telefonia.** São Paulo: Érica, 2007.
- BIANCHINI, Renato Luiz. **Implantação de Sistema VoIP na Universidade Federal de Lavras utilizando Softwares Livres.** 2006. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Ciência da Computação pela Universidade Federal de Lavras. Lavras: Minas Gerais, 2006.
- CASTRO, Marcos Vinícius D'Oliveira. **Estudo de Viabilidade para Implementação de Voz sobre IP em Redes Corporativas.** 2005. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. Coronel Fabriciano, 2005.
- CISCO. **Unified communications manager versão 6.0.** 2008. Disponível em: <[http://www.cisco.com/web/BR/start/pdfs/Unified\\_Communications\\_Manager\\_6.pdf](http://www.cisco.com/web/BR/start/pdfs/Unified_Communications_Manager_6.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2011.
- COLCHER, Sergio. et al. **Voz sobre IP.** São Paulo: Campus, 2005.
- COMER, Douglas E. **Redes de Computadores e Internet: abrange transmissão de dados, ligações inter-redes, web e aplicações.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

COSTA, Danielle dos Santos. **Análise da Implementação da Tecnologia VoIP no Campi da UESPI / Parnaíba**. 2008 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Bacharelado em Ciência da Computação. Universidade Estadual do Piauí: Parnaíba, 2008.

FALECERTO. **Softphone X-Lite**. Disponível em:  
<<http://www.falecerto.com.br/home/content/view/18/33/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

FERREIRA, Dácio Miranda. et al. **Benefícios da utilização do Session Initiation Protocol (SIP) em aplicações de comunicação multimídia para a saúde**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE. 14-18 out. 2006.

G1 VOIP & INFORSOLUTIONS. **Comparativo entre tarifas fonconline e outras operadoras de telefonia**. Disponível em:<<http://www.g9sol.com/planos.html>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

GOMES, Anderson Ferreira. **Qualidade de Serviço em VoIP (Voz sobre IP)**. 2005. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Sistemas de Informação da Universidade Estadual de Montes Claros. Minas Gerais: Montes Claros, 2005.

GONZALEZ, Felipe Nogaroto. **Estudo e Implantação de Solução de Voz sobre IP baseadas em Softwares Livres**. Joinville: Sociesc, 2007.

HANSEN, Andreas. **Mecanismos de Oferecimento de QoS em Redes de Pacotes**. 2009. 10f. Trabalho de Conclusão (Anteprojeto)- Ciências da Computação pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Novo Hamburgo: Rio Grande do Sul, 2009.

KELLER, Alexandre. **Asterisk na prática**. São Paulo: Novatec, 2009.

KNABBEN, Jaber. **PBX open source: voip/ asterisk**. 5 jun. 2008. Disponível em:  
<<http://jaber.k.wordpress.com/2008/06/05/pbx-open-source-voipasterisk-telefonia-via-rede-de-computadores/>>. Acesso em: 10 maio 2011.

MEGGELEN, Jim Van; SMITH, Jared; MADSEN, Leif. **Asterisk: O Futuro da Telefonia**. Trad. Armando Figueiredo e Betina Macêdo. Rio de Janeiro: Alta Books, 2005.

MELO, Alessandro Ferreira. et al. **Análise da tecnologia VoIP e o impacto nas reduções de custo**. 2010. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Engenharia da Computação pelo Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí: Minas Gerais, 2010.

PEREIRA, Alberto Rodrigo. **Asterisk: o sistema de telefonia open source**. 27 set. 2010. Disponível em: <<http://www.vivaolinux.com.br/artigo/Asterisk-O-sistema-de-telefonia-open-source>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

PINHEIRO, Jose Mauricio Santos. **RFC 1594**. 21 jan. 2006. Disponível em: <[http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo\\_frames\\_datagramas\\_pacotes.php](http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo_frames_datagramas_pacotes.php)>. Acesso em: 05 mar. 2011.

PINHEIRO, Bruno de Oliveira. **Voz sobre IP utilizando Asterisk**. 2005. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Curso Pós-Graduação *Lato Sensu* em Administração de Redes *Linux* do Departamento de Ciência de Computação da Universidade Federal de Lavras.. Lavras, 2005.

RUNEBERG, P. Telecom. **Teknisk Bilaga 1896**. 1997. Disponível em: <<http://runeberg.org/teleapp/0004.html>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

SANTOS, Lucas Jardel José Wohlmuth Alves dos; SCHAEFFER, Carlos Adriani Lara. **Projeto PABX Open Source: Asterisk para Pequenas e Médias empresas**. 2009. 12f. Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico) - Curso de Ciência da Computação pela Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo: Rio Grande do Sul, 2009.

SHEPARD, Steven. **Voz sobre IP: curso rápido**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

SILVA, Cláudio. **10 Razões para montar uma Central Telefônica com Asterisk**. 10 abr. 2009. Disponível em: <<http://casterisk.wordpress.com/2009/04/10/10-razoes-para-montar-uma-central-telefonica-com-asterisk/>>. Acesso em: 25 maio 2011.

SOUZA, Igor Luiz Oliveira de. **Sistema de gerenciamento de PBX baseado no Asterisk em Âmbito de Pequeno e Médio Porte**. 2005. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Ciência da Computação. Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2005.

SOUZA, João Paulo Pereira de. **sIPtel: um sistema de IPtel com suporte para vídeo utilizando o protocolo SIP**. Utad: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2003.

SOUZA, Márcio A. de. et al. **Avaliação de Técnicas de Codificação de voz para VoIP**. 2007. 12f. Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico)- Curso de Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Ponta Grossa: Paraná, 2007.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TELECO. **Seção:** tutoriais banda larga. Disponível em:  
<[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialprotocolo/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialprotocolo/pagina_3.asp)>. Acesso em: 20 mar. 2011.

TORRES, Gabriel. **Redes de Computadores:** Curso Completo. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2006.

VIEIRA, Guilherme. **Módulo de integração VoIP/WEB.** 2007. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)- Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

VOLTAN JUNIOR, Guilherme. **Voz Sobre IP:** segurança de transmissões. 2005. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Ciências da Computação da Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2005.