

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

FÁBIO VIEIRA TOMÉ

**ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA
CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK**

CRICIÚMA

2016

FÁBIO VIEIRA TOMÉ

**ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA
CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Rogério A. Casagrande

CRICIÚMA

2016

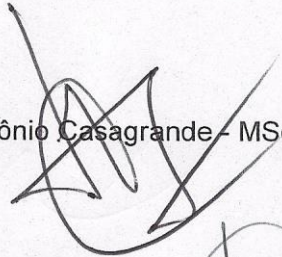
FÁBIO VIEIRA TOMÉ

**ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA
CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK**

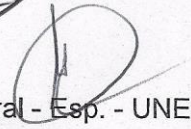
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Redes de Computadores.

Criciúma, 23 de junho de 2016.

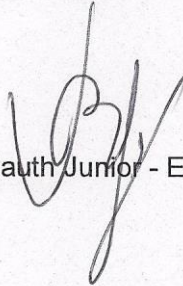
BANCA EXAMINADORA



Prof. Rogério Antônio Casagrande - MSc. – UNESC - Orientador



Prof. Sérgio Coral - Esp. - UNESC



Prof. Valter Blauth Junior - Esp. - UNESC

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me educaram com princípios e me auxiliaram em todas as fases da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus pais Antônio e Vera que sempre me incentivaram incondicionalmente para conclusão deste trabalho.

Do mesmo modo agradeço a meu irmão Fabrício que me ajudou nos períodos que estive ausente, principalmente na reta final e a minha irmã Flávia que mesmo distante sempre demonstrou alegria em me ver realizar este sonho.

Quero agradecer também a minha namorada Mariane pelo carinho, enorme apoio e motivação.

Aos meus amigos Andrei e Fernando por proporcionarem de maneira irrestrita o ambiente para realização desta pesquisa.

Agradeço também ao Prof. MSc. Rogério A. Casagrande pela orientação e atenção que me ajudou a conduzir este trabalho da melhor forma possível.

Por fim, agradeço a todos colegas e professores do curso de Ciência da Computação.

“Em um assunto importante, nenhum detalhe é pequeno.”

Provérbio francês

RESUMO

O presente trabalho apresenta a migração de um sistema de telefonia convencional para telefonia IP utilizando o software Asterisk. Um grupo de empresas com endereços diferentes foi utilizado para demonstrar a potencialidade que a telefonia IP pode gerar. Foi utilizado equipamentos para a integração de novos ramais, a utilização unificada dos telefones fixos dos diferentes endereços e a utilização de diversas linhas de celular de operadoras diferentes para utilização centralizada. As linhas de celular foram habilitadas com planos pré-pagos para utilização de ligações dentro da mesma operadora com sistema de identificação do destinatário da ligação, que possibilitam, com as ofertas atuais de mercado, ligações gratuitas a preço fixo e controlado para qualquer celular das quatro maiores operadoras do país. Também é instalado um ramal em um *smartphone* para recepção ou originação de chamadas da central telefônica fora do escritório através da internet. É descrito como a implantação foi realizada, a instalação do sistema operacional Linux, instalação e configuração do Asterisk, configuração dos ramais, das linhas de telefone fixo, instalação de linhas de telefone celular integradas ao Asterisk e a substituição dos ramais existentes no endereço principal. Mostra como foi configurado o acesso dos ramais fora do escritório central e ajustes necessários para esta implantação. Também mostra acompanhamento e ajustes iniciais e apresenta uma visão da nova estrutura unificada de telefonia. São exibidos os problemas encontrados, resultados obtidos e comparação com outros dois trabalhos com finalidade similar a este. Este trabalho também mostra o plano de contingência para todos os endereços e possibilidade de melhorias e utilização de novos recursos para este ambiente. Apresenta os equipamentos disponibilizados para esta pesquisa, estimativa de resultados e arquivos de configuração utilizados.

Palavras-chave: Telefonia, Voip, PABX, Asterisk.

ABSTRACT

This work presents the switching of one conventional telephone system for IP telephony using Asterisk software. A group of companies with different addresses was used to demonstrate the potential that the IP telephony can do. Several equipments were used for the integration of new extensions, unified use of landlines of different addresses and the use of various cell lines of different operators for centralized use. The cell lines were enabled with pre-paid plans for use in calls inside the same cell operator with one identification system for called numbers, making it possible, with the current market offers, free calls with fixed and controlled price to any mobile phone of the four largest operators in the country. Also is installed an extension on a smartphone for reception or call origination of outside the office across the internet. Is described how the implementation was made, the installation of the Linux operating system, installation and configuration of Asterisk, configuration of extensions and landlines, installation of cellular telephone lines integrated with Asterisk and the replacement of the existing extensions in the main address. Shows how it was configured the access for extensions outside the central office and adjustments necessary for this deployment. It also shows monitoring and initial settings and presents a vision of the new unified telephony structure. Problems encountered are displayed, results and comparison with other two works with purpose similar to this. This work also shows the contingency plan for all addresses and possible improvements and use of new features for this environment. It shows the equipments provided for this research, estimates of results and configuration files used.

Keywords: Telephony, Voip, PBX, Asterisk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Central telefônica com chaveamento manual	21
Figura 2 – Camadas da arquitetura TCP/IP	24
Figura 3 – Empacotamento de cabeçalhos do protocolo TCP/IP	25
Figura 4 – Cabeçalho de um pacote IP versão 4	26
Figura 5 – Datagramas IP atravessando redes com MTU diferentes	27
Figura 6 – Linha de tempo para o processo de janela deslizante	29
Figura 7 – Cabeçalho básico de um pacote RTP	30
Figura 8 – Protocolo RSTP.....	31
Figura 9 - Linha de transmissão celular	33
Figura 10 - Convergência digital.....	35
Figura 11 – Convergência de voz, dados e vídeo	36
Figura 12 - Elementos de uma arquitetura H.323.....	39
Figura 13 - Elementos SIP	40
Figura 14 – Telefone TIP100 da Intelbras conectado a <i>switch</i>	43
Figura 15 – ATA GXW4008 da Grandstream com 8 portas FXS	43
Figura 16 – Placa VB0404-FX PCI da Digivoice com 4 portas FXS.....	44
Figura 17 – EBS da Khomp com canais GSM.....	45
Figura 18 – Placa da Digium com 8 portas FXO	45
Figura 19 – Grupo empresarial.....	50
Figura 20 – Placa Voip Khomp GSM-40	52
Figura 21 – Redes das empresas	54
Figura 22 – Telefonia das empresas	55
Figura 23 – Comandos para atualização de pacotes	58
Figura 24 – Comandos para instalação e inicialização do Asterisk.....	58
Figura 25 – Configuração de um ramal SIP	60
Figura 26 – Configuração de um tronco SIP	61
Figura 27 – ATA Cisco SPA3102	62
Figura 28 – Interface de configuração ATA Cisco SPA P2P.....	63
Figura 29 – Interface de configuração ATA Cisco SPA 2102.....	63
Figura 30 – Aplicativo CouterPath Bria	64
Figura 31 – Instalação driver Khomp.....	65
Figura 32 – Informações de canais GSM	66

Figura 33 – Contexto agrupando outros contextos.....	67
Figura 34 – Panorama geral do novo ambiente	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das contas telefônicas	56
Tabela 2 – Exemplos de comandos no console do Asterisk	59
Tabela 3 – Numeração dos ramais	60
Tabela 4 – Valores mensais estimados das contas telefônicas	72
Tabela 5 – Valores estimados dos equipamentos.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL	Assymetrical Digital Subscriber Line
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
ARPANET	<i>Advanced Research Projects Agency Network</i>
ATA	<i>Analog Telephone Adaptor</i>
DAC	Distribuição automática de chamadas
DDR	Discagem Direta a Ramal
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
FDDI	<i>Fiber Distributed Data Interface</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
FXO	<i>Foreign eXchange Office</i>
FXS	<i>Foreign eXchange Subscriber</i>
ERB	Estação Rádio Base
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
GPL	<i>General Public License</i>
IAX	<i>Inter-Asterisk Exchange</i>
ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
ITU-T	<i>International Telecommunication Union - Telecommunication</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MP3	<i>MPEG-1/2 Audio Layer 3</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
MTU	<i>Maximum Transfer Unit</i>
NSF	<i>National Science Foundation</i>
NSFNET	<i>National Science Foundation Network</i>
PABX	<i>Private Automatic Branch Exchange</i>
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>
PCIe	<i>PCI Express</i>
PCM	<i>Pulse-code modulation</i>

PGCN	Plano Geral de Códigos Nacionais
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i>
RCTP	<i>Real-time Transport Control Protocol</i>
SaaS	<i>Software as a service</i>
SCCP	<i>Skinny Call Control Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SME	Serviço Móvel Especializado
SMP	Serviço Móvel Celular
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SSH	<i>Secure Shell</i>
SSRC	<i>Synchronization Source Identifier</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
TTL	<i>Time To Live</i>
VOIP	<i>Voice Over Internet Protocol</i>
UA	<i>User Agent</i>
URA	Unidade de Resposta Audível
UDP	<i>User Data Protocol</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 TELECOMUNICAÇÕES	20
2.1 HISTÓRICO	20
2.2 TELEFONE	21
2.3 INTERNET	22
3 REDES DE COMPUTADORES	24
3.1 ARQUITETURA TCP/IP	24
3.2 PROTOCOLO IP	26
3.3 PROTOCOLO TCP	28
3.4 PROTOCOLO UDP	29
3.5 PROTOCOLO RTP	30
3.6 PROTOCOLO RTCP	30
4 TELEFONIA	32
4.1 TELEFONIA FIXA	32
4.2 TELEFONIA MÓVEL	33
4.3 CENTRAIS TELEFÔNICAS	34
4.4 PLANO DE NUMERAÇÃO	34
5 CONVERGÊNCIA	35
5.1 VOIP	36
5.2 VOIP VERSUS TELEFONIA IP	37
6 TELEFONIA IP	38
6.1 ARQUITETURA H.323	38
6.2 PROTOCOLO SIP	40
6.3 SOFTWARE ASTERISK	41
6.4 EQUIPAMENTOS	42
6.4.1 Terminais ou agentes de usuário	43
6.4.2 Gateways de voz	44
7 TRABALHOS CORRELATOS	47

8 ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK	49
8.1 CENÁRIO.....	49
8.2 SOLUÇÃO A SER IMPLEMENTADA.....	51
8.3 IMPLANTAÇÃO.....	52
8.3.1 Análise preliminar	52
8.3.1.1 Infraestrutura de rede.....	53
8.3.1.2 Infraestrutura de telefonia.....	54
8.3.1.3 Custos de telefonia.....	56
8.3.2 Instalação e configuração dos equipamentos	56
8.3.2.1 Instalação do Linux e do Asterisk.....	57
8.3.2.2 Configuração dos ramais e linhas de telefone fixo	59
8.3.2.3 Instalação dos ramais e linhas de telefone fixo	61
8.3.2.4 Instalação das linhas de telefone celular.....	64
8.3.2.5 Configuração dos planos de discagem e rota de ligações	66
8.3.2.6 Configurações adicionais	67
8.3.3 Acompanhamento e ajustes	68
8.4 VISÃO DA NOVA ESTRUTURA DE TELEFONIA.....	69
8.5 PROBLEMAS ENCONTRADOS	70
8.6 RESULTADOS OBTIDOS.....	71
8.6.1 Discussão dos resultados	73
8.7 CUSTOS RELACIONADOS.....	73
8.8 CONTINGÊNCIA.....	74
8.9 OTIMIZAÇÃO E MELHORIAS.....	75
9 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE A – Arquivo de configuração <i>sip.conf</i>	82
APÊNDICE B – Arquivo de configuração <i>extensions.conf</i>	88
APÊNDICE C – Arquivo de configuração <i>rtp.conf</i>	100
APÊNDICE D – Arquivo de configuração <i>khomp.conf</i>	101
APÊNDICE E – Configuração dos equipamentos	102
APÊNDICE F – Artigo científico	102

1 INTRODUÇÃO

O impacto da evolução das telecomunicações na sociedade moderna é notável. Diversas tecnologias foram criadas e aprimoradas fornecendo comunicação instantânea e cada vez mais acessível. O telefone foi inventado há pouco mais de um século e trouxe benefícios sociais e econômicos.

A Internet surgiu após décadas de estudo e evolução das redes de algumas universidades no Estados Unidos e atualmente ela conecta computadores e dispositivos de todo o mundo.

A utilização de serviços de transmissão de voz utilizando a internet é bastante comum nos dias de hoje. O serviço *Voice Over Internet Protocol* (VOIP) foi desenvolvido utilizando o crescimento, evolução e disponibilidade da Internet.

Dentro desse cenário e aliado a necessidade de melhorar processos, integrar serviços e aumentar a produtividade em cada empresa, este trabalho apresenta uma análise da implantação de um serviço de telefonia utilizando a tecnologia VOIP.

Existem diversos benefícios que essa tecnologia pode oferecer e algumas delas serão abordadas neste trabalho.

A seguir são descritos o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa e a estrutura deste trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este projeto de pesquisa tem por objetivo geral estudar e analisar os conceitos e tecnologias envolvidas e efetuar a migração do sistema de telefonia convencional de um grupo de empresas sediadas no Vale do Araranguá para telefonia IP utilizando software Asterisk.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta pesquisa consistem em:

- a) apresentar um resumo sobre a evolução dos sistemas de telecomunicação;
- b) estudar conceitos da arquitetura TCP/IP;

- c) estudar protocolos IP, TCP, UDP, RTP e RSTP;
- d) estudar conceitos de telefonia convencional;
- e) compreender as tecnologias de voz sobre IP;
- f) demonstrar as funcionalidades do software Asterisk;
- g) identificar equipamentos e recursos necessários para implantação de um sistema de telefonia IP;
- h) analisar o desempenho, encontrar problemas e ajustar um sistema de telefonia IP.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para alcançar maior competitividade, as empresas não podem ficar longe das evoluções tecnológicas. E nos últimos anos as formas de comunicação evoluíram muito.

O serviço telefônico convencional está dando lugar à modernização, integração de serviços e convergência entre dois tipos fundamentalmente diferentes de tecnologia: voz e dados.

Não há nada de errado com o serviço telefônico convencional, seja na qualidade de voz, seja em sua confiabilidade. Mas a qualidade ou confiabilidade está cedendo a outras prioridades. A mudança de necessidades do mercado empresarial aponta para novas características e capacidades telefônicas. Isso contrasta com o cotidiano das operadoras telefônicas, que estão se aproximando do ponto de não serem capazes de produzir um serviço único que atenda as todas as necessidades (JESZENSKY, 2004).

Com um novo cenário atingido com a telefonia móvel e as possibilidades de comunicação por voz gratuita pela internet, através do VOIP, criou-se novas ferramentas e canais de comunicação.

As pequenas e médias empresas geralmente possuem planos de telefonia fixa e móvel, mas sendo utilizadas de forma independente ou separadas.

As operadoras de telefonia móvel também possuem planos intra-rede, ou seja, com custos reduzidos entre telefones da mesma operadora. E para se beneficiar destas tarifas reduzidas, as empresas teriam que contar com diversas linhas, das operadoras distintas e seus colaboradores utilizá-las de acordo com as tarifas.

A utilização da telefonia IP em substituição a centrais telefônicas convencionais privadas faz com que se unifique a as plataformas fixa e móvel de telefonia, com utilização adequada e com significativa redução de custos. Pode-se segmentar totalmente as ligações destinadas para cada operadora móvel, automatizando a utilização para cada operadora.

Além destes fatores, novas funcionalidades podem ser agregadas a estes sistemas, mas ao contrário do sistema anterior, com custos inferiores ou até sem nenhum custo. Estes recursos incluem: atendimento automatizado, correio de voz, transferência de ligação recebida para outra localização fixa ou móvel, entre outros.

Ao contrário dos sistemas convencionais, pode-se expandir facilmente com novas linhas e ramais, com a flexibilidade de escolha de equipamentos de diversos fabricantes; e integração com serviços computacionais novos ou já existentes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguir é apresentada uma síntese de cada capítulo constante nesse trabalho.

O primeiro capítulo demonstra um panorama geral e mostra os objetivos a serem alcançados com este trabalho.

O segundo capítulo relata alguns fatos relevantes e históricos no contexto das telecomunicações e da telefonia.

O terceiro capítulo apresenta a arquitetura TCP/IP, descrevendo os protocolos IP, TCP, UDP, RTP e RCTP.

O quarto capítulo apresenta conceitos básicos da telefonia convencional fixa e móvel.

O quinto capítulo fala da convergência de serviços e apresenta a tecnologia VOIP.

O sexto capítulo estuda duas arquiteturas utilizados para VOIP, apresenta o software Asterisk e alguns equipamentos empregados para implantação de telefonia IP.

Logo após, o sétimo capítulo apresenta alguns trabalhos correlatos a esse.

O oitavo capítulo apresenta a implantação deste trabalho, com a análise

preliminar, execução e avaliação dos resultados.

Logo após, é apresentada a conclusão deste trabalho.

E por fim, são apresentados os apêndices com arquivos e procedimentos de configurações necessárias realizados no software Asterisk e nos equipamentos utilizados.

2 TELECOMUNICAÇÕES

A revolução das telecomunicações – comparado a outras áreas – é recente. Há menos de 150 anos as formas atuais de comunicação a distância não existiam (PINHEIRO, 2004).

Por muito tempo a evolução e mudanças foram lentas e somente a partir do final dos anos 1980 uma revolução se acelerou.

A sociedade e a indústria sofreram, ao longo das últimas décadas, grandes transformações em decorrência das novas possibilidades que as telecomunicações proporcionam.

2.1 HISTÓRICO

Um dos primeiros desenvolvimentos mais significativos aconteceu em 1838 quando Samuel F. B. Morse inventou o telégrafo. O telégrafo foi um dispositivo que usava eletricidade para transmitir sinais de um ponto a outro. Outros inventores também trabalharam em ideias similares, mas somente o invento de Morse usava a mente humana com o equipamento de comunicação. Para enviar uma mensagem, ela precisava ser codificada na linguagem comum de sinais (chamado hoje de código Morse) e enviada para a parte receptora, que por sua vez, decodificava a mensagem recebida (GILBERT, 1999).

Em 1866, foram realizadas as primeiras transmissões transatlânticas regulares de telégrafo, através de cabo submarino, interligando a América do Norte à Europa. O Brasil inaugurou seu primeiro cabo submarino transatlântico em 1874, ligando a América do Sul à Europa. Um cabo foi construído pela companhia inglesa *British Eastern Telegraph Company* e funcionou até 1973.

O próximo passo na evolução nos sistemas de comunicação foi o Telex, que apresentava a capacidade de transmitir uma sequência mais extensa de caracteres e com o uso de padrões para a comunicação. O Telex foi vastamente utilizado por mais de 50 anos e durante muito tempo foi o principal meio de comunicação empresarial sem voz.

Somente após 20 anos a invenção do telégrafo se tornou possível a conversão de voz em sinais elétricos para transmissão. De certa forma, a evolução dos sistemas de telecomunicações se confunde com a criação e evolução do

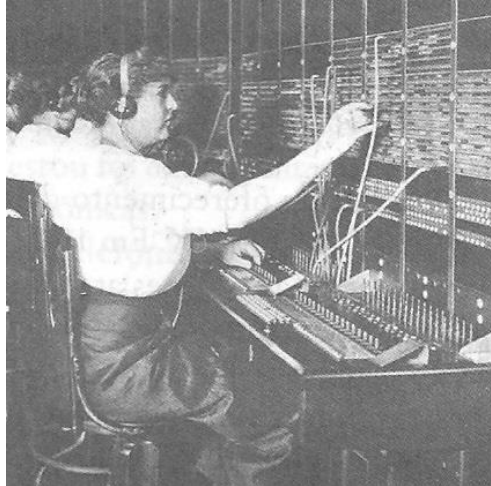
sistema telefônico (COLCHER et al, 2005).

2.2 TELEFONE

Em 1876 Alexander Graham Bell patenteou o telefone. Inicialmente os telefones apenas se comunicavam aos pares; se os usuários quisessem conversar com n outras pessoas deveriam ter n pares de telefones. Em pouco tempo as cidades ficaram tomadas por fios que passavam pelas casas e árvores numa total desorganização.

Percebendo isso Bell fundou a *Bell Telephone Company* no ano de 1877, que hoje se tornou a *American Telephone and Telegraph Company* (AT&T) nos Estados Unidos. A empresa ligava um fio da casa ou escritório de cada usuário até um ambiente centralizado – a estação de comutação. Através de manivelas os usuários solicitavam as ligações e um operador conectava fisicamente o usuário que originou a chamada ao usuário que receberia a chamada (TANENBAUM 1996). Um operador em uma estação de comutação pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Central telefônica com chaveamento manual



Fonte: Colcher et al (2005).

A demanda por linhas telefônicas era alta e as estações de comutação se espalharam por todos os locais. Logo houve a necessidade de interligar as diversas estações de comutação para poder conectar usuários de diferentes localidades através de ligações interurbanas.

Esse modelo básico do sistema telefônico permaneceu por mais de 100 anos. Nele observa-se três componentes básicos: as estações de comutação, os fios que conectavam os usuários às estações e as conexões entre as estações de

comutação (TANENBAUM, 1996).

Até a década de 1950, a rede telefônica era totalmente baseada em tecnologia analógica. A invenção do transistor, em 1948, por três pesquisadores do laboratório da Bell, e sua evolução até a produção do primeiro circuito integrado (1958) produzido por Robert Noyce, além de provocar as mudanças nos sistemas computacionais, impulsionaram a indústria de telecomunicações, permitindo a criação de novas centrais telefônicas mais robustas, rápidas e baratas. Em março de 1958, doze anos após o surgimento do primeiro computador digital, já surgiram, nos laboratórios da Bell, as primeiras centrais digitais (COLCHIER et al, 2005).

Em 1956, quando o primeiro cabo telefônico submarino entrou em operação, ele possibilitava somente 89 conversas simultâneas entre a Europa e a América do Norte.

A partir da década de 1980, o sistema se tornou predominantemente digital exceto as linhas para atendimento final aos assinantes.

2.3 INTERNET

Na década de 1960, a Agência de Projetos e Pesquisas Avançadas do Departamento de Defesa Americano (ARPA) desenvolveu uma rede para interligar laboratórios de pesquisa e centros de dados – a *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET).

O objetivo dessa rede era compartilhar informações de pesquisa criadas em locais diferentes com uma rede segura e descentralizada, que pudesse continuar em operação mesmo que parte dela sofresse algum tipo de dano. Na época de seu desenvolvimento havia um receio de ataque nuclear.

Mesmo sendo largamente utilizada por universidades e centros técnicos, as aplicações dessa rede foram ampliadas. Grupos de notícias – newsgroups – formados por universitários, técnicos em informática, estudantes do segundo grau – entre outros – trocavam informações de interesse comum.

Durante o crescimento e evolução da ARPANET foi dado início ao desenvolvimento do que hoje é principal protocolo da Internet – o *Transmission Control Protocol / Internet Protocol* (TCP/IP).

A *National Science Foundation Network* (NSFNET) foi uma outra iniciativa da *National Science Foundation* (NSF), um grupo de universidades que não tinham

um contrato de pesquisa com o Departamento de Defesa dos EUA. Ela foi elaborada para ser uma sucessora da ARPANET e se comunicavam em TCP/IP desde o início, criando assim a primeira rede de longa distância TCP/IP.

O número de redes, máquinas e usuários conectados à ARPANET cresceu rapidamente depois que o TCP/IP se tornou o único protocolo oficial. Quando a NSFNET e a ARPANET foram interconectadas, o crescimento tornou-se exponencial.

Ao longo dos anos 1980, essa rede começou a ser vista como uma inter-rede (*internet* em inglês) e a partir de então começou a ser chamada de Internet.

Os elementos que formam a base da Internet são o modelo de referência TCP/IP e a pilha de protocolos TCP/IP (TANENBAUM 1996).

3 REDES DE COMPUTADORES

As redes de computadores foram desenvolvidas para o compartilhamento de recursos e informações dentro das organizações. Com elas as informações antes localizadas em outro local se tornaram disponíveis num computador local.

Para trocar as informações os computadores ou dispositivos semelhantes usam o meio físico para transmitir e receber dados. Um protocolo é um conjunto de regras comuns que define o processo de transferência de dados entre todos os dispositivos de uma rede. Diferentes dispositivos e computadores de diversos fabricantes devem se comunicar pelo mesmo conjunto de protocolos para poderem trocar informações (CASAD, 1999).

3.1 ARQUITETURA TCP/IP

A arquitetura TCP/IP é voltada para a interligação de diferentes tecnologias de redes. Conforme Tanenbaum (1996) a arquitetura do TCP/IP é dividida em 4 camadas, que podem ser vistas na figura 2 e cada uma é responsável por uma parte do objetivo da comunicação em rede. Cada camada desempenha funções para as camadas adjacentes, encapsulando detalhes de implementação.

Figura 2 – Camadas da arquitetura TCP/IP



Fonte: Tanenbaum (1996).

Na base do conjunto está a camada física. Ela é responsável formatar e entregar os dados para hardware de rede e ao meio de transmissão como cabo coaxial, fibra óptica ou fio de cobre de par trançado. Oferece também verificação de erros para os dados entregues na rede física.

A camada de rede é responsável por empacotar dados em pacotes

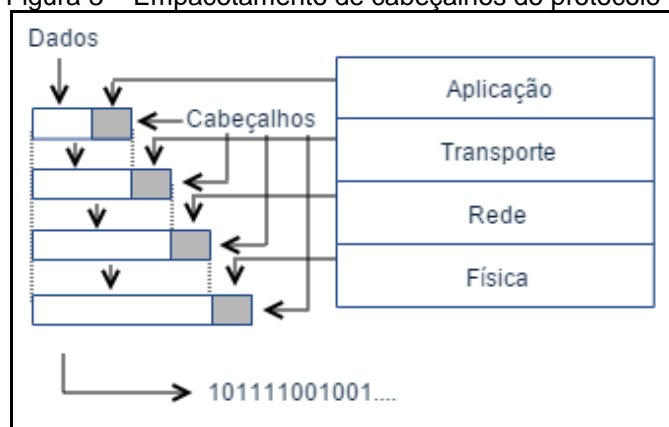
Internet Protocol (IP) e encaminhá-los para hosts locais ou para outras redes. Essa camada oferece endereçamento lógico, independente do hardware, para que os dados sejam entregues em redes com diferentes arquiteturas físicas. Faz o roteamento para dar suporte para a interligação com outras redes. São exemplos os protocolos IP, *Internet Control Message Protocol* (ICMP) e *Address Resolution Protocol* (ARP).

A camada de transporte é responsável pela comunicação entre dois hosts. Ela é atendida pela camada de rede para ter um fluxo de dados fim a fim. Oferece controle de fluxo, verificação de erro e confirmação para a interligação de redes.

Por fim está a camada da aplicação que estabelece uma interface com os serviços da camada de transporte para usar a rede. Como exemplo tempos os protocolos *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), *File Transfer Protocol* (FTP), *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP), entre outros.

É importante notar sobre as camadas da arquitetura TCP/IP que cada uma possui um papel no processo de comunicação geral. Cada camada desenvolve serviços que são necessários para essa camada realizar seu papel. A medida que uma transmissão é gerada, cada camada adiciona algumas informações relevantes, chamadas de cabeçalho, junto com os dados reais, como pode ser observado na figura 3. O processo inverso ocorre quando os dados são recebidos pelo destinatário. Os dados se movem nas camadas, verificando a informação no cabeçalho e usando essa informação para movimentar os dados reais (CASAD, 1999).

Figura 3 – Empacotamento de cabeçalhos do protocolo TCP/IP



Fonte: Casad (1999).

Para transmitir e receber informações, um serviço ou aplicativo, na camada de aplicação do modelo TCP/IP, solicita a transferência de dados para a camada inferior – a camada de transporte.

Alguns tipos de serviço têm requisitos como velocidade enquanto outros não permitem a perda de dados. Para isso existem os protocolos *Transmission Control Protocol* (TCP) e *User Data Protocol* (UDP), cada um oferecendo um modelo de transporte diferente para as aplicações solicitantes.

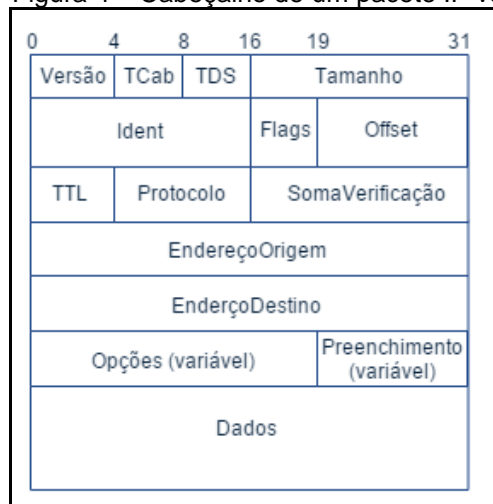
3.2 PROTOCOLO IP

De acordo com Peterson e Davie (2004) o protocolo IP é a ferramenta chave usada para montar inter-redes escaláveis e heterogêneas. Este protocolo opera na camada de rede do modelo TCP/IP fornecendo serviços para a camada de transporte.

O modelo do protocolo IP pode ser considerado como tendo duas partes: um modelo de datagrama e um esquema de endereçamento.

Um datagrama IP é um pacote de dados recebido da camada de transporte que contém um cabeçalho seguido por uma sequência de dados. O cabeçalho apresenta, entre outras informações, o endereço de quem originou o pacote e o endereço a quem se destina. O endereço de destino é determinante para a entrega do datagrama (COLCHER et al, 2005). O cabeçalho de um pacote IP pode ser visto na figura 4.

Figura 4 – Cabeçalho de um pacote IP versão 4



Fonte: Peterson e Davie (2004).

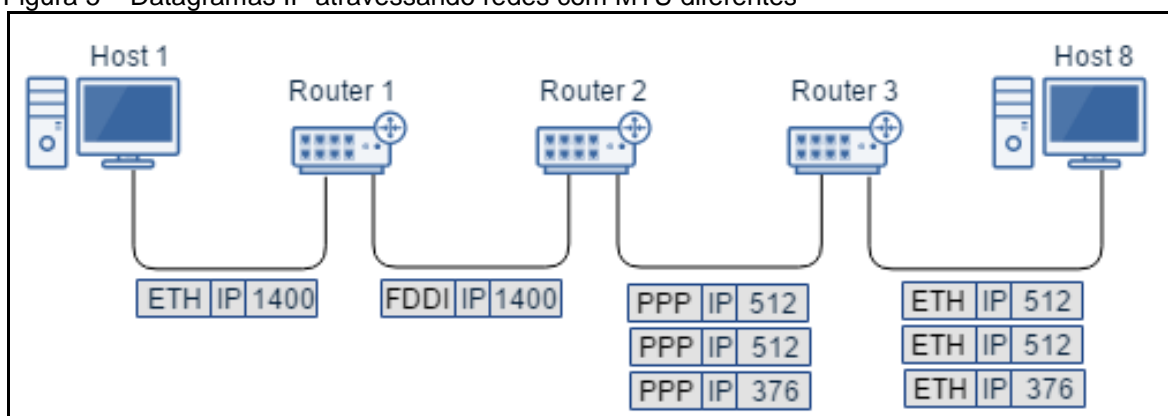
O encaminhamento de datagramas IP pode ser tratado da seguinte maneira:

- a) o datagrama será entregue na rede física local, se o protocolo IP identificar que o destinatário faz parte da mesma rede física, baseado em seu endereço IP e sua máscara de rede;
- b) caso o destinatário não esteja na mesma rede física, o datagrama será entregue a um roteador.

Em qualquer dos casos, se algo sair errado e o pacote se perder, for adulterado ou mal encaminhado, ou então deixar de alcançar seu destino de alguma forma a rede não fará nada, o protocolo já fez o que podia. Por isso esse serviço pode ser considerado um serviço de melhor esforço e não confiável.

Para trabalhar com redes heterogêneas o protocolo IP utiliza um mecanismo de montagem e remontagem dos datagramas. Isso possibilita otimizar a transferência de dados em redes com características de transmissão diferentes. Por exemplo, uma rede Ethernet pode aceitar pacotes de até 1.500 bytes, enquanto que pacotes de uma rede *Fiber Distributed Data Interface* (FDDI) podem ter até 4.500 bytes. O tamanho de pacote que cada tipo de rede pode transmitir é chamado de *Maximum Transfer Unit* (MTU). O tamanho do datagrama IP também está presente no cabeçalho. Um exemplo deste comportamento pode ser observado na figura 5.

Figura 5 – Datagramas IP atravessando redes com MTU diferentes



Fonte: Peterson e Davie (2004).

Quando um dispositivo envia um datagrama IP, uma escolha razoável é escolher o MTU da rede na qual o dispositivo está fisicamente conectado. Logo, a fragmentação do pacote só será necessária se houver uma alguma rede com MTU menor no caminho até o destinatário.

Outro campo encontrado no cabeçalho do datagrama IP que é importante mencionar é o *Time To Live* (TTL). Este é um campo numérico que sofre decremento a cada encaminhamento de um pacote IP que passa por um roteador. Logo, esse campo delimita o número máximo de saltos (*hops*) que um pacote pode ter. Quando esse campo chega a zero o pacote é descartado. Isso evita que pacotes possam circular indefinidamente pelas redes evitando que tais pacotes consumam recursos indefinidamente. Se for configurado com um valor muito baixo o pacote pode não chegar ao seu destino e se for configurado com valor muito alto pode demorar a ser descartado.

3.3 PROTOCOLO TCP

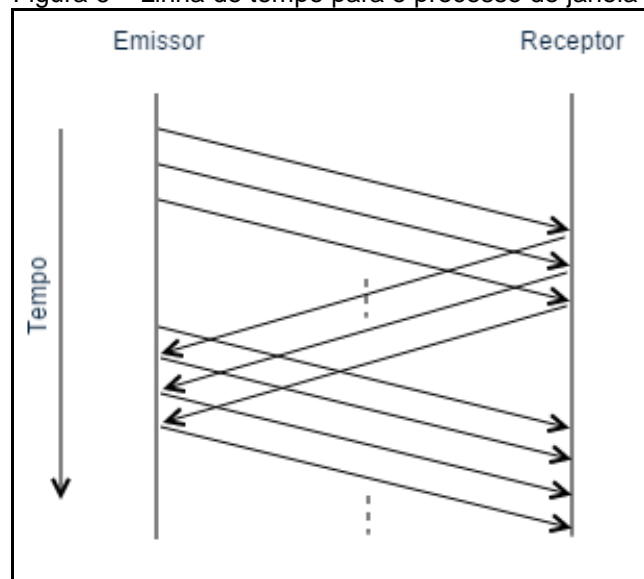
O protocolo TCP é um protocolo da camada de transporte do modelo TCP/IP. Ele fornece um serviço orientado a conexão e confiável.

Serviço orientado a conexão quer dizer que antes de começarem a transmitir as informações, tanto a parte transmissora quanto a receptora devem estabelecer uma conexão. Isso prepara ambas as partes para a troca de informações. Com a conexão ativa a troca de informações é *full-duplex* (simultânea), ou seja, os dados podem ir para um lado e para o outro ao mesmo tempo (PETERSON; DAVIE, 2004).

Serviço confiável quer dizer que todos os dados serão entregues sem erro e na ordem correta. Quando um processo envia uma sequência de bytes através do TCP, o processo receptor vai receber a mesma sequência, sem falta de bytes ou bytes duplicados. Para poder ofertar esse serviço confiável ele usa um mecanismo denominado de algoritmo de janela deslizante (TANENBAUM, 1996).

A janela deslizante é um mecanismo que permite que o transmissor transmita vários pacotes (até o tamanho da janela) antes de receber uma confirmação. Quando as confirmações chegam para esses pacotes enviados dentro da janela, ela “desliza” e mais pacotes são enviados, como pode ser observado na figura 6.

Figura 6 – Linha de tempo para o processo de janela deslizante



Fonte: Peterson e Davie (2004).

O TCP também possui um controle de congestionamento, que limita a capacidade de transmissão quando a rede está congestionada entre os dois dispositivos.

O controle de congestionamento pode afetar o desempenho e qualidade de algumas aplicações como áudio e vídeo em tempo real isto. Por essa e outras razões aplicações em tempo real utilizam o protocolo UDP.

3.4 PROTOCOLO UDP

O protocolo UDP é outro protocolo da camada de transporte. Ele oferece um serviço de transporte simplificado, leve e rápido. Não há estabelecimento de conexão, não há garantia de entrega dos dados e não há retransmissão em caso de falhas. Além disso, as mensagens podem chegar fora de ordem, cabe aos processos tratar isso e utilizar as informações adequadamente (TANENBAUM, 1996).

Ao contrário do TCP, o UDP não possui um controle de congestionamento, ou seja, um processo pode originar dados na taxa que desejar. Como algumas aplicações em tempo real podem aceitar uma certa taxa de perda de dados, aliados a velocidade do protocolo, algumas aplicações são desenvolvidas utilizando UDP.

Tanto o TCP como o UDP não oferecem garantia de temporização.

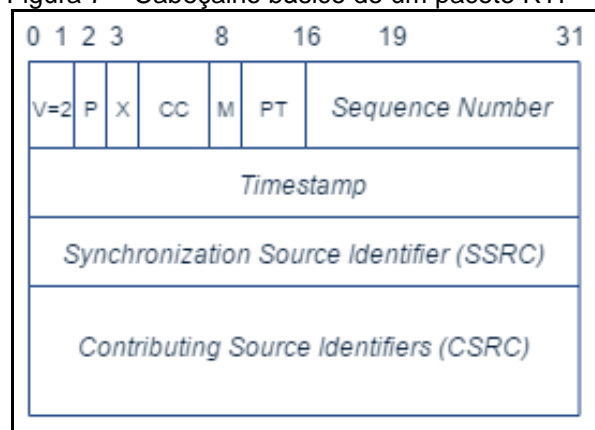
3.5 PROTOCOLO RTP

O *Real-time Transport Protocol* (RTP) é um protocolo de transporte implementado na camada de aplicação. Ele geralmente roda sobre UDP.

A função básica do RTP é multiplexar diversos fluxos de dados de tempo real sobre um único fluxo de pacotes UDP. Cada pacote enviado em um fluxo RTP recebe um número sequencial, permitindo ao destinatário descobrir se algum pacote está faltando. Se estiver faltando algum pacote cabe ao destinatário escolher alguma ação adequada, pois a retransmissão do pacote faltante poderia não seria útil (JESZENSKY, 2004).

O RTP pode ser usado para transportar formatos de áudio como o *Pulse-code modulation* (PCM), *Global System for Mobile* (GSM) e *MPEG-1/2 Audio Layer 3* (MP3) e *Moving Picture Experts Group* (MPEG) e H.263 para vídeo. Também serve para transportar formatos proprietários de som e vídeo, bem como é complementar a protocolos para aplicações de voz sobre a internet. A figura 7 apresenta o cabeçalho básico de um pacote RTP.

Figura 7 – Cabeçalho básico de um pacote RTP



Fonte: Jeszensky (2004).

O cabeçalho RTP é pequeno. Somente os campos até o *Synchronization Source Identifier* (SSRC) fazem parte da definição básica.

3.6 PROTOCOLO RTCP

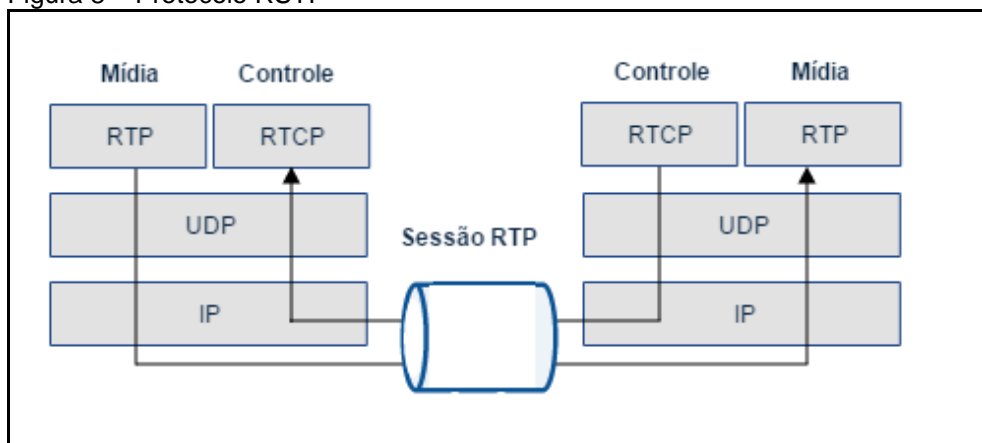
O protocolo de controle que trabalha junto com o RTP é o *Real-time Transport Control Protocol* (RTCP). Ele permite o monitoramento da entrega de

dados de forma escalável em redes *multicast* e oferece funcionalidades mínimas de controle e identificação.

Os pacotes RTCP transportam informação fim a fim a respeito da qualidade da sessão de cada participante. Quantidades como atraso de pacote, *jitter*, pacotes recebidos e perdidos são importantes para a rede verificar seu comportamento em tempo real.

Ambos os protocolos, RTP e RTCP, constituem-se em elementos centrais das arquiteturas e serviços de VOIP (COLCHER et al, 2005). A maneira como estes dois protocolos trabalham pode ser vista na figura 8.

Figura 8 – Protocolo RSTP



Fonte: Colcher et al (2005).

4 TELEFONIA

O telefone está no centro da revolução nas comunicações. Em sua existência de um pouco mais de um século, ele já transformou a vida social e econômica muito além do que Alexander Graham Bell jamais poderia ter sonhado em 1876. Ele trouxe companhia, emprego e informações a milhões de pessoas. (CAIRNCROSS, 2000, p. 47).

4.1 TELEFONIA FIXA

A telefonia fixa é uma coleção de equipamentos de rede e de comutação que pertencem às operadoras de telefonia envolvidas no provimento de serviços telefônicos. Quando se fala em telefonia fixa, isso significa, principalmente, a rede telefônica cabeada e seus pontos de acesso às redes sem fio, tais como celular, PCS e comunicações por satélite. O acesso do assinante à telefonia fixa é feito por meio de grandes comutadores, localizados nas centrais telefônicas da operadora, que oferecem o serviço básico de telefonia através de telefones analógicos comuns ou sistemas de ramais digitais. O acesso pode ser feito por telefones com fio ou pela rede sem fio (JESZENSKY, 2004).

A voz entre o telefone e a central telefônica existe na forma analógica, para o serviço básico, ou em formato digital, se o acesso é por uma central telefônica privada digital. A partir daí, dentro da rede da operadora passa a existir em formato digital.

Na telefonia fixa, há interoperabilidade entre todas as operadoras fixas e operadoras móveis.

A telefonia fixa é uma rede operando com uma especificação de disponibilidade de 99,999% e, na realidade ainda mais. Representa robustez e segurança. Mas a qualidade e disponibilidade da conversação telefônica está dando lugar a outras prioridades – como a redução de gastos e aumento na comunicação (JESZENSKY, 2004).

O sistema público de telefonia fixa também pode ser referenciado como Serviço de Telefonia Fixo Comutado (STFC) ou *Public Switched Telephone Network* (PSTN).

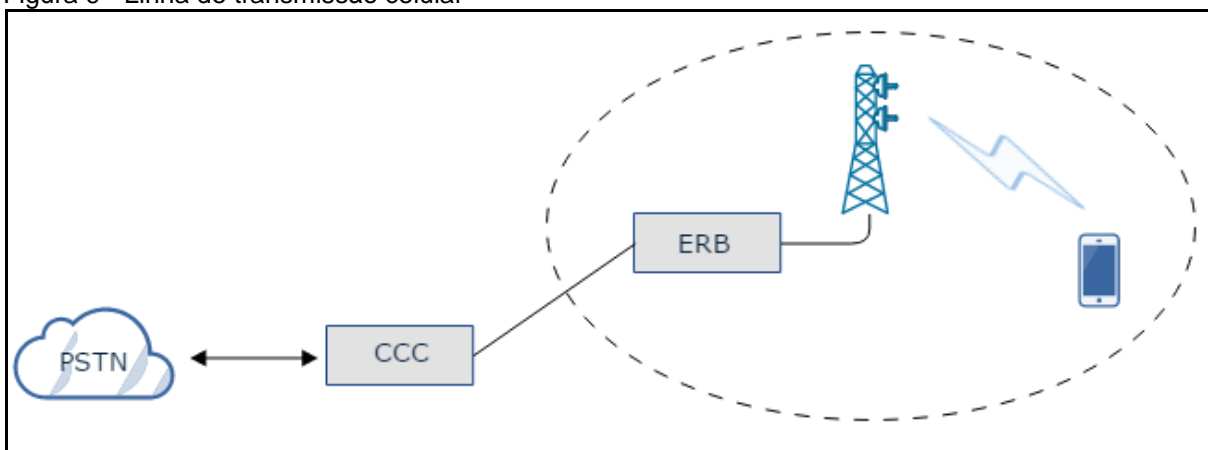
4.2 TELEFONIA MÓVEL

A telefonia móvel é um serviço telefônico similar ao STFC que é oferecida aos usuários para realizar chamadas telefônicas em movimento e onde há cobertura da rede móvel.

Essa mobilidade é conseguida pela comunicação sem fio entre um terminal móvel (aparelho celular) e uma Estação Rádio Base (ERB). As ERBs da operadora de telefonia móvel são conectadas a Centrais de Comutação e Controle (CCCs). As CCCs são interligadas entre si e tem interconexão com o STFC, permitindo ligações entre usuários do serviço móvel e com usuários da telefonia fixa (JESZENSKY, 2004).

O serviço de telefonia móvel celular pode ser referenciado como Serviço Móvel Pessoal (SMP). Existe também o Serviço Móvel Especializado (SME) que é muito semelhante ao SMP mas adicionalmente oferece a possibilidade de comunicação do tipo *push-to-talk* entre um grupo restrito de usuários. Um exemplo de linha de transmissão celular pode ser vista na figura 9.

Figura 9 - Linha de transmissão celular



Fonte: Jeszensky (2004).

Segundo Cairncross (2000), o telefone celular é, comprovadamente, o meio de comunicação mais bem-sucedido jamais inventado.

O SMP é um serviço com poucas décadas de exploração comercial. Embora seja uma tecnologia muito recente em relação ao STFC, número de usuários do SMP ultrapassou ao número de usuários STFC há vários anos. Segundo dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), até agosto de 2015

havia mais de 44 milhões de acessos STFC em serviço no Brasil, enquanto que para o SMP havia mais de 280 milhões de acessos. Importante ressaltar que o SMP também é utilizado como terminal de dados móveis entre outros serviços.

4.3 CENTRAIS TELEFÔNICAS

As centrais telefônicas são responsáveis em concentrar, interligar, gerenciar, distribuir e tarifar as chamadas dos usuários.

As centrais telefônicas públicas são responsáveis pelo tratamento de todo o serviço básico de telefonia na telefonia fixa.

Já as centrais telefônicas privadas – conhecidas como *Private Automatic Branch Exchange* (PABX) – são usadas para atender um grupo de usuários, concentrando as ligações vindas da rede pública fixa ou móvel e também para prover comunicação entre os usuários.

Os aparelhos telefônicos ligados numa central privada são chamados de ramais, enquanto que as linhas telefônicas com a rede pública fixa ou móvel são chamadas de troncos.

4.4 PLANO DE NUMERAÇÃO

O plano de numeração de telefonia utilizado no Brasil segue a recomendação E.164 da ITU. Em consequência, a numeração segue o padrão:

CÓDIGO DO PAÍS + CÓDIGO DE ÁREA + NÚMERO DO ASSINANTE

O código de país tem 2 dígitos e foi definido como 55 para o Brasil.

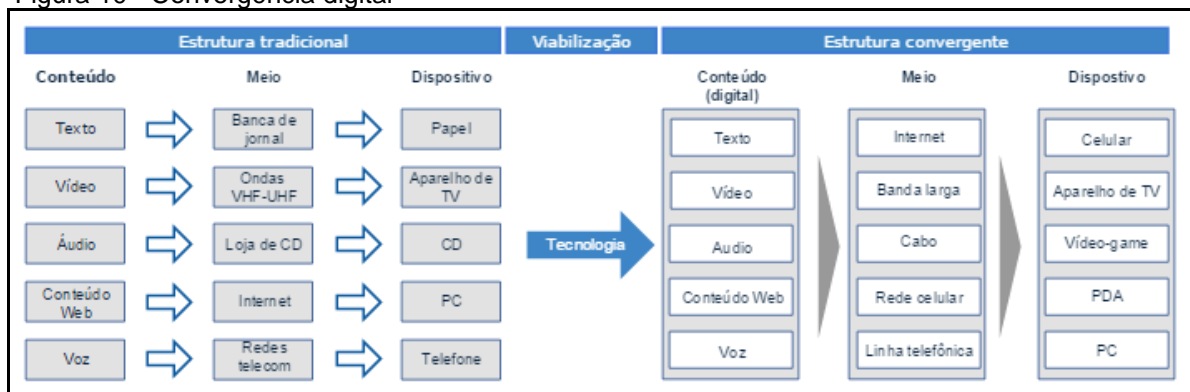
O código de área também possui dois dígitos, e representa um estado ou um grupo de municípios próximos. A definição desses códigos se dá pelo Plano Geral de Códigos Nacionais (PGCN) regulamentada pela Anatel.

Cada usuário do STFC, SMP e SME recebe um número de assinante. Este número é seu identificador único e exclusivo na sua área para receber as chamadas telefônicas de qualquer outro usuário do sistema.

5 CONVERGÊNCIA

Até há alguns anos, a estrutura tradicional de transmissão de conteúdos era oferecida em diferentes formatos distribuído por diferentes meios. A tecnologia digital viabilizou uma estrutura convergente, já que o conteúdo na forma digital pode ser transportado por diversos meios e recebidos em diversos dispositivos (ARAÚJO, 2006). Na figura 10 é exemplificado como vários conteúdos são distribuídos por diversos meios em uma estrutura convergente diferentemente de uma estrutura tradicional.

Figura 10 - Convergência digital



Fonte: Araújo (2006).

O cenário tecnológico das redes de telecomunicações vem sendo afetado por intensas forças de transformação, com objetivo de criar um ambiente que favorece a redução dos custos dos equipamentos e dos serviços oferecidos aos usuários. Dentre essas forças destacam-se a convergência de voz, dados e vídeo numa mesma infraestrutura de rede (TRONCO 2006).

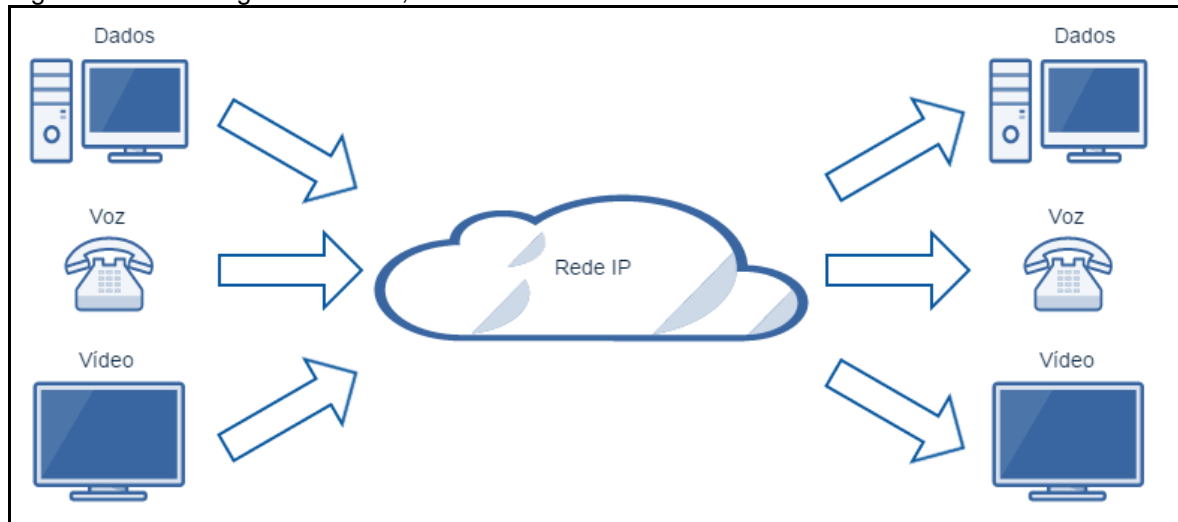
Serviços de voz que eram oferecidos numa rede comutação de circuitos – a rede de telefonia fixa, também passaram ser oferecidos em redes IP. Como exemplo, o Skype é um serviço de telefonia via internet que oferece ligações gratuitas entre seus usuários e ligações para telefones fixos e móveis por preços bastante baixos

Transmissão de áudio e vídeo pela Internet também são comuns hoje. O Youtube, por exemplo, é uma plataforma de vídeos *on-line* e *on-demand* com acervo gigantesco e disponibilizado pelos seus usuários. No mercado de música existem diversos serviços de *streaming* que garantem a seus assinantes um catálogo

grandioso de material fonográfico.

De acordo com Tronco (2006), a convergência consiste no tratamento e encaminhamento de todos os tipos de informação (voz, dados e vídeo) na mesma infraestrutura ou mesmo tipo de equipamento. Na figura 11 é demonstrado como uma rede IP pode ser o caminho para diversos tipos de informação.

Figura 11 – Convergência de voz, dados e vídeo



Fonte: Tronco (2006)

A utilização do protocolo IP em diversos equipamentos vem se consolidando e facilitando a convergência das mídias, aliado a redução dos custos dos equipamentos e dos custos de transmissão de dados.

5.1 VOIP

Segundo Colcher et al (2005), o VOIP é usado geralmente para se referir às técnicas de empacotamento e transmissão de amostras de voz sobre redes IP e aos mecanismos de sinalização necessários ao estabelecimento de chamadas telefônicas nessas redes.

No início do desenvolvimento do VOIP, a qualidade da comunicação era de qualidade inferior a qualidade da telefonia convencional. Porém com a evolução dos sistemas de redes e aumento nas taxas de transmissão fizeram com que a qualidade dos sistemas VOIP se tornasse evidente.

O principal benefício da utilização do VOIP é a redução de custos utilizando as redes de dados para a transmissão de voz. As primeiras aplicações

utilizadas em larga escala utilizando as tecnologias VOIP eram para comunicação de um computador para outro.

A possibilidade de transportar voz em redes IP está revolucionando o ambiente de telecomunicações.

5.2 VOIP VERSUS TELEFONIA IP

A Telefonia IP é a aplicação das tecnologias VOIP com o oferecimento de um serviço de qualidade similar ao da telefonia convencional.

Um dos primeiros benefícios que surgem ao se adotar a Telefonia IP é a redução dos custos das chamadas em longa distância e chamadas para telefones celulares. Porém existem diversos outros benefícios como: facilidade de novos recursos de telefonia, flexibilidade na escolha de fornecedores e equipamentos e diminuição nos custos de implantação.

No capítulo a seguir, será demonstrado algumas tecnologias que permitem a utilização da Telefonia IP nas organizações.

6 TELEFONIA IP

A indústria de comunicações e associações de padrões em redes e telecomunicações realizaram um esforço considerável para definir um conjunto de mecanismos e sinalização e transporte de mídia que possam oferecer um serviço de voz, na esperança de igualar o VOIP à qualidade da PSTN (JESZENSKY 2004). Entre diversos formatos e padrões destacam-se o H.323 e o *Session Initiation Protocol* (SIP).

6.1 ARQUITETURA H.323

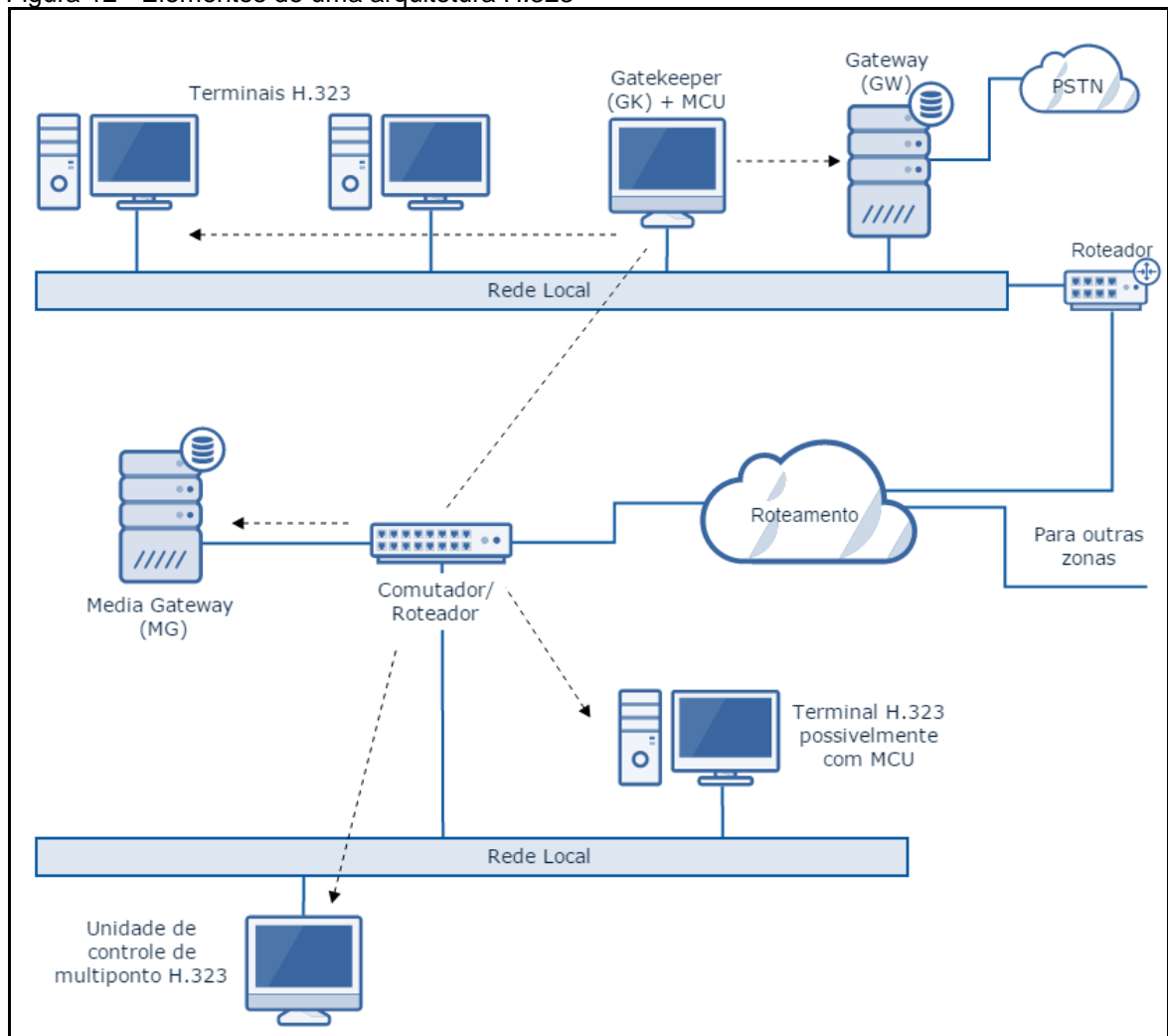
A *International Telecommunication Union - Telecommunication* (ITU-T) é um setor da União Internacional de Telecomunicações - *International Telecommunication Union* (ITU) responsável por desenvolver padrões relacionados a telecomunicações. Esta organização cria recomendações, que após aprovadas, são usadas como referência para o desenvolvimento de tecnologias em redes e telecomunicações.

Para telefonia IP a ITU-T estabeleceu diversos padrões e normas, entre eles o H.323, que é uma série de recomendações para padronizar a transmissão audiovisual em redes IP. Apesar de várias abordagens alternativas para processamento de chamadas telefônicas baseadas em IP esta foi bem aceita e se proliferou no mercado.

Os documentos dessa norma especificam protocolos, métodos e elementos de rede que são necessários para estabelecer conexões multimídia ponto a ponto entre dois usuários, além de conferências com três ou mais participantes.

Os elementos básicos de uma topologia H.323 são terminais, *gatekeepers*, *gateways* e *Multipoint Control Unit* (MCU), como pode ser visto na figura 12.

Figura 12 - Elementos de uma arquitetura H.323



Fonte: Jeszensky (2004).

Um terminal pode ser um telefone IP ou um *softphone* executando em um computador. Geralmente um terminal é quem origina e/ou é o destino de uma transmissão num sistema H.323. Este é o único elemento obrigatório num ambiente H.323.

O *gatekeeper* numa zona H.323 é quem centraliza o sistema, onde os terminais, *gateways* e MCUs são registrados. Uma zona H.323 é um agrupamento lógico de dispositivos conectados por roteadores ou outros meios.

Um *gateway* é responsável estabelecer comunicação entre terminais em diferentes tipos de redes. São importantes para a telefonia IP para permitir a interoperabilidade com a rede pública de telefonia.

A ITU-T define o MCU como uma *bridge* e seu uso é similar a uma *bridge* convencional usada para teleconferência (JESZENSKY 2004).

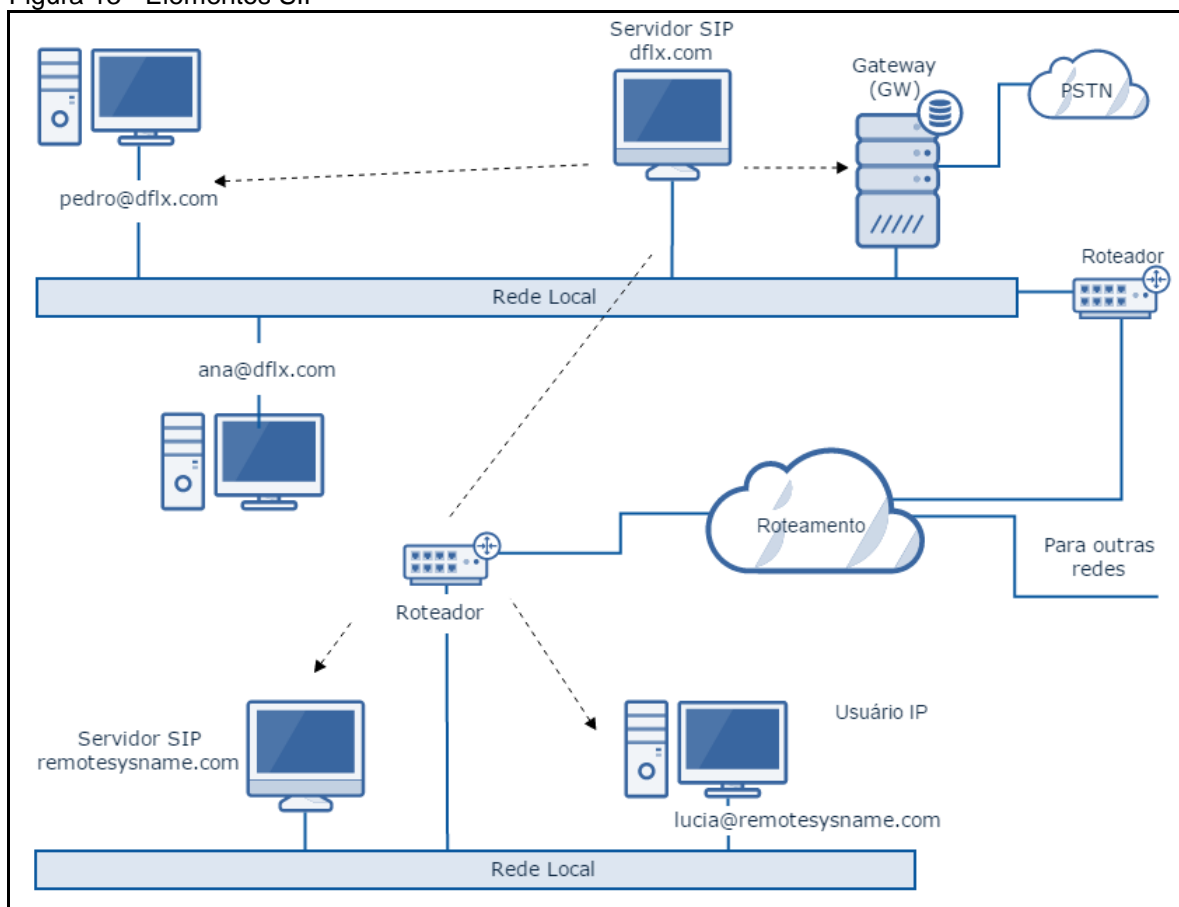
6.2 PROTOCOLO SIP

O protocolo SIP é um padrão especificado pela *Internet Engineering Task Force* (IETF). A IETF é uma comunidade internacional de fabricantes, fornecedores, pesquisadores, agências e técnicos que desenvolvem e estudam soluções de padrões e tecnologias para a Internet (COLCHER et al, 2005).

O SIP é um protocolo cliente-servidor transportado sobre TCP e UDP. Um sistema SIP é composto por Agentes de Usuário, do inglês *User Agent* (UA), e um ou mais servidores, como pode ser observado na figura 13. É um protocolo de sinalização baseado em texto para criar e controlar sessões multimídia com dois ou mais participantes.

Um agente de usuário é normalmente implementado em telefones IP, *softphones* e *Analog Telephone Adaptors* (ATAs).

Figura 13 - Elementos SIP



Fonte: Jeszensky (2004).

O SIP é um protocolo muito mais simples que o H.323 e tão funcional quanto ele. Os diagramas de topologia de rede são similares ao do H.323.

Um sistema SIP pode ser instalado em um segmento dedicado de rede ou segmentos de rede conectados através da Internet ou agrupamentos lógicos de redes corporativas que também operam sobre o protocolo IP.

Os servidores SIP podem operar como servidores *proxy*, de redirecionamento ou de registro. Servidores *proxy* executam toda a sinalização em nome dos participantes servidos por ele. Servidores de redirecionamento determinam a localização do usuário chamado e instruem o usuário chamador a iniciar a sinalização diretamente com o usuário chamado. Servidores de registro armazenam informações sobre agentes e trabalham em conjunto com servidores *proxy* e de redirecionamento.

Nessa arquitetura existem dois modos de comunicação possíveis: *peer-to-peer* e via *proxy*. A comunicação *peer-to-peer* é o modo mais simples. Não exige a presença de um servidor, mas diversos recursos podem não ser suportados.

A comunicação via *proxy* opera de maneira tradicional a um sistema baseado em SIP. Nesse modo, o agente de usuário envia mensagens de sinalização para o servidor *proxy* e este é responsável por encaminhar as mensagens e controlar a entrada e saída de mídia no sistema. Em muitos casos, o servidor *proxy* é integrado a servidores de registro e de redirecionamento, possibilitando proteção a recursos.

6.3 SOFTWARE ASTERISK

O Asterisk é um software livre de PABX de código aberto sob licença *General Public License* (GPL) que roda sobre o sistema operacional Linux. Ele combina as características de um PABX tradicional com a telefonia IP e novos recursos. É uma poderosa ferramenta para implantação e migração dos sistemas de PABX existente (GONÇALVEZ 2006).

Ele foi criado e desenvolvido pela empresa americana Digium, que também fabrica e comercializa placas de telefonia analógica e digital para esta plataforma.

Segundo Meggelen, Smith e Madsen (2005), o Asterisk reúne mais de 100 anos de base de conhecimento comum em telefonia em um conjunto robusto de aplicações de telecomunicações totalmente integrados.

Existem diversos cenários para a utilização do Asterisk. Entre elas destacam-se:

- a) PABX IP: instalação de uma nova central telefônica ou a substituição de uma central já existente;
- b) adicionar VOIP a um PABX já existente: permite adicionar possibilidade de efetuar e receber chamadas pela internet a uma central já existente;
- c) interligação de filiais: opção para evitar o uso de linhas públicas para comunicação entre empresas do mesmo grupo;
- d) utilização de linhas telefônicas em locais onde se possui linha local por meio da internet ou rede privada;
- e) *call center*: combinado com algumas tecnologias presente no Asterisk pode se desenvolver uma plataforma de autoatendimento e transferência de chamadas para empresas de televendas, suporte e atendimento especializado ao cliente.

O Asterisk oferece praticamente todas as funcionalidades básicas de um PABX convencional: chamada em espera, identificador de chamadas, música de espera, conferência, bilhetagem, Discagem Direta a Ramal (DDR), bloqueio de chamador, estacionamento de chamadas, autoatendimento, siga-me, secretária eletrônica, Unidade de Resposta Audível (URA), entre outros.

Também oferece suporte aos principais protocolos de telefonia IP: SIP, H.323, *Inter-Asterisk Exchange* (IAX), *Skinny Call Control Protocol* (SCCP), entre outros.

Como o Asterisk trabalha com esses protocolos padrões de mercado, existem diversos fabricantes de equipamentos de telefonia IP nacionais e internacionais que desenvolvem hardware que podem ser facilmente integrados a ele, possibilitando a criação de um sistema PABX flexível, poderoso e expansível.

6.4 EQUIPAMENTOS

Existem equipamentos no mercado para dar suporte à tecnologia VOIP de diversos fabricantes nacionais e internacionais, incluindo a Cisco, Digivoice, Grandstream, Intelbras e a própria Digium, desenvolvedora do Asterisk.

6.4.1 Terminais ou agentes de usuário

Estes equipamentos capturam e reproduzem áudio e se comunicam via IP para transmitir e receber amostras de áudio digitalizado. Podem ser de vários tipos, tais como:

- a) telefones IP: oferecem aos usuários uma interface parecida com a de telefones convencionais;

Figura 14 – Telefone TIP100 da Intelbras conectado a *switch*



Fonte: Intelbras (2016).

- b) ATAs com portas *Foreign eXchange Subscriber (FXS)*: um dispositivo que permite conectar telefones analógicos convencionais para realização de chamadas VOIP. Pode ser integrado a um PABX analógico para fornecer linhas VOIP;

Figura 15 – ATA GXW4008 da Grandstream com 8 portas FXS



Fonte: Grandstream (2016).

- c) *softphones*: um *software* executado em um computador pessoal que realiza as chamadas telefônicas. Para capturar e reproduzir o áudio das chamadas ele pode utilizar o microfone e alto-falantes/fone de

ouvido do próprio computador ou algum dispositivo externo como um telefone USB;

- d) placas PCI/PCIe com portas FXS: fornece uma funcionalidade similar de um ATA com porta FXS. Deve ser instalado um computador e software adequado. Pode ter várias portas FXS;

Figura 16 – Placa VB0404-FX PCI da Digivoice com 4 portas FXS



Fonte: Digivoice (2016).

- e) aplicativos de VOIP para *smartphones*: são aplicativos instalados em telefones celulares com funcionalidade similar aos *softphones* de um computador. Possibilitam a realização e recebimento de chamadas como um ramal tradicional.

6.4.2 Gateways de voz

Os *gateways* de voz repassam os fluxos de áudio entre as redes IP e as redes telefônicas convencionais fixa e móvel. Exemplos desse tipo de equipamento incluem:

- a) ATAs com portas *Foreign eXchange Office* (FXO): Servem para interligação com a PSTN para linhas de telefone fixo analógicas;
- b) *gateways* modulares com interfaces GSM, FXO, FXS ou links de linhas digitais: dispositivos dedicados que fornecem serviços de telefonia IP;

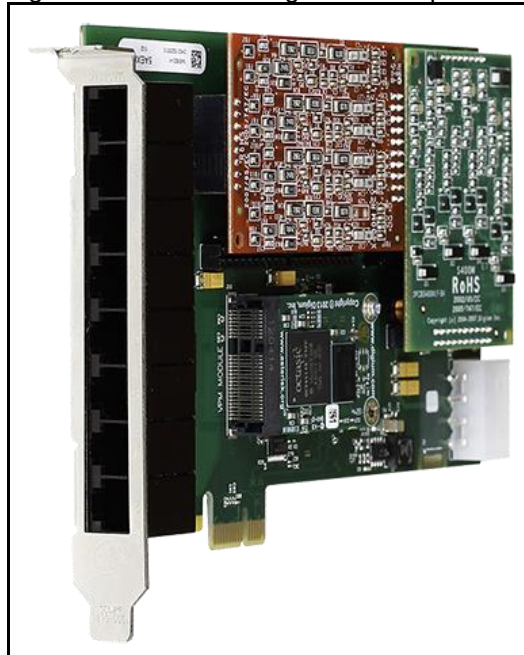
Figura 17 – EBS da Khomp com canais GSM



Fonte: Khomp (2016).

- c) placas PCI/PCIe com portas FXO: Também servem para interligação com a PSTN para linhas de telefone fixo analógicas, devendo ser instalado um computador com software adequado. Pode ter várias portas FXO;

Figura 18 – Placa da Digium com 8 portas FXO



Fonte: Digium (2016).

- d) placas PCI/PCIe com links E1: Também servem para interligação com a PSTN, porém para linhas de telefone fixo digitais, devendo ser instalado um computador com software adequado. Um link E1 possui dezenas de linhas digitais;
- e) placas PCI/PCIe com chips GSM: Serve para interligação com a rede de telefonia móvel. Deve ser instalado em um computador e software adequado.

No próximo capítulo destacam-se diversas pesquisas e trabalhos correlatos sobre telefonia IP.

7 TRABALHOS CORRELATOS

Por ser uma área com grandes benefícios e também impactar na redução de custos com telefonia nas organizações, existem diversos trabalhos e linhas de pesquisas sobre Telefonia IP.

A SIPfoundry é uma organização sem fins lucrativos localizada em Massachusetts nos Estados Unidos que oferece serviços de telefonia na nuvem, como o SipXecs, que é um PABX IP *open-source* repleto de funcionalidades e altamente expansível. Fundada em 2004, a SIPfoundry trabalha com a indústria de telecomunicações, startups, universidades para criar sistemas de comunicação modernas e solução de colaboração (SIPFOUNDRY 2015).

A Rede Nacional de Pesquisa (RNP) oferece um serviço chamado fone@RNP que conecta organizações usuárias, agências estatais e outras instituições de ensino e pesquisa parceiras da RNP através da tecnologia VOIP, permitindo que as chamadas realizadas por voz (via telefone comum, telefone IP ou *softphone*) sejam encaminhadas através da internet. O fone@RNP oferece o benefício das ligações gratuitas para o usuário final e estende-se através da capilaridade do fone@RNP – com presença em todos os estados brasileiros – e das conexões VOIP com a rede pública de telefonia em algumas instituições clientes, o que propicia ao usuário final ligar para um número telefônico comum a partir de um ramal VOIP, no Brasil e no exterior (REDE NACIONAL DE PESQUISA 2015).

Na Universidade Federal Fluminense ressalta-se a dissertação "Protocolos VOIP para Redes Convergentes" para o mestrado em Engenharia de Telecomunicações de Rogério Baptista Lourenço. Este trabalho avalia os principais protocolos de sinalização desenvolvidos para o tráfego de voz sobre o protocolo IP, a partir da análise de um cenário empregado pela Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL) (LOURENÇO 2007).

A dissertação de Tânia Lúcia Monteiro com o nome de "Solução de Telefonia IP em uma Rede Corporativa" na Universidade Federal de Santa Catarina para o mestrado em Ciência da Computação se destaca por estudar uma implantação de telefonia IP para uma empresa privada aproveitando a infraestrutura já existente da empresa com objetivo de reduzir gastos internos e custos de propriedade do parque instalado (MONTEIRO 2012).

Na Universidade do Extremo Sul Catarinense, Marcelo Bongioio apresentou a monografia “Aplicação Experimental Para Comunicação de Voz Sobre IP” que teve como objetivo principal desenvolver um aplicativo VOIP para prover comunicação entre os funcionários de uma empresa de telecomunicações utilizando a rede corporativa (BONGIOLO 2004).

Também na Universidade do Extremo Sul Catarinense, Marcioni Serafim apresentou a monografia “Uma Solução de Voz sobre IP de Baixo Custo para Ambientes Corporativos” que teve como objetivo principal explorar uma solução de baixo custo de software destinado à voz sobre IP para ambientes corporativos (SERAFIM 2006).

O próximo capítulo apresenta os procedimentos realizados para conclusão desta pesquisa.

8 ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK

Este trabalho consiste na avaliação da migração do sistema de telefonia convencional para a telefonia IP em um conjunto de empresas de um mesmo grupo empresarial.

A seguir serão apresentados o cenário, a solução a ser implementada e os passos realizados para a implantação.

8.1 CENÁRIO

Este trabalho foi projetado e executado em um grupo de quatro empresas que compartilham endereços físicos e são do mesmo grupo empresarial.

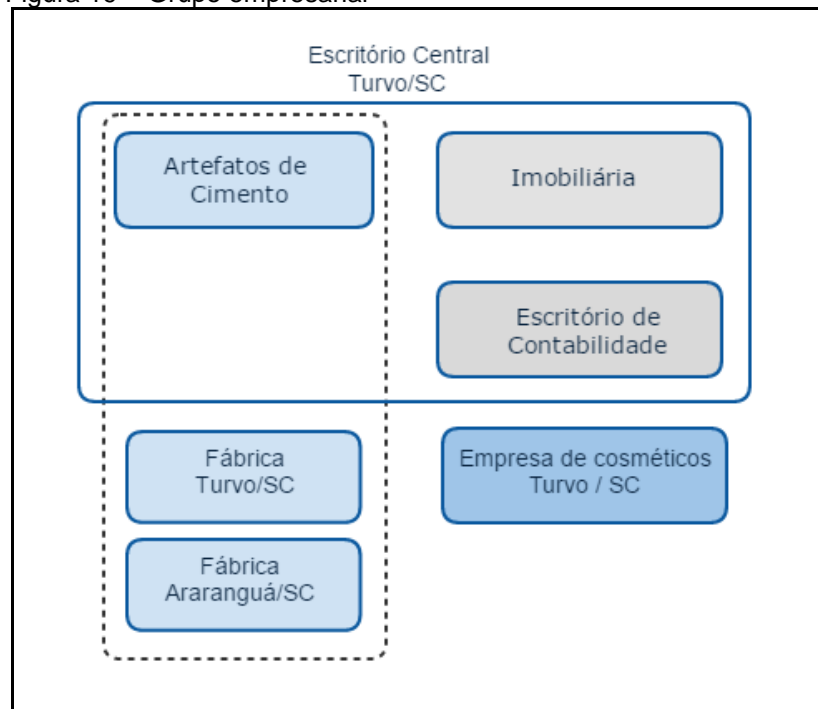
Neste grupo de empresas há um escritório de contabilidade, uma imobiliária e uma empresa de artefatos de cimento que compartilham o mesmo endereço, a mesma infraestrutura de rede e mesma infraestrutura de telefonia. Este local é denominado como escritório central e fica localizado na cidade de Turvo/SC.

A empresa de artefatos de cimento, possui escritórios em mais dois endereços distintos onde além do atendimento comercial, é realizada a fabricação dos produtos, um deles sediado também em Turvo/SC e o outro sediado em Araranguá/SC.

A outra empresa é uma distribuidora de cosméticos, com sede em outro endereço em Turvo e que iniciou suas atividades comerciais há poucos meses com vendas para todo território nacional.

A administração e financeiro das quatro empresas é realizada no escritório central.

Figura 19 – Grupo empresarial



Fonte: Do autor

Cada um dos quatro endereços, possui apenas uma linha de telefone fixo, cada uma dessas linhas telefônicas sendo utilizada para originar e receber chamadas. Rotineiramente são realizadas ligações entre os escritórios da empresa, utilizando-as para comunicação interna, deixando ocupado as únicas linhas amplamente divulgada para clientes e fornecedores.

As empresas também possuem um plano empresarial de telefonia móvel com diversas linhas. A redução do custo deste plano empresarial é uma necessidade das empresas.

O escritório de Araranguá/SC fica localizado longe do centro da cidade, onde atualmente o sinal das operadoras de celular é deficitário o que obriga diariamente a ser utilizada a linha de telefone fixo para comunicação, seja com clientes, fornecedores ou colaboradores da empresa, elevando consideravelmente o valor da fatura do telefone fixo.

Por fim, a recém-criada empresa de cosméticos irá demandar ligações para telefones fixos e celulares de todo o Brasil para atividade de vendas e pós-vendas. Desta demanda de ligações, as que serão efetuadas para outros códigos de área e para quaisquer operadoras não fazem parte do pacote de minutos dos planos dos telefones fixos e do plano móvel empresarial, o que poderá aumentar consideravelmente o custo telefônico mensal.

8.2 SOLUÇÃO A SER IMPLEMENTADA

Com o cenário descrito acima sugeriu-se a implantação de um sistema de telefonia unificado, que melhorasse a utilização das linhas telefônicas já existentes e otimizasse o custo das ligações telefônicas.

A utilização da telefonia IP se mostrou como alternativa para a integração dos escritórios para comunicação interna e com a possibilidade da centralização de linhas telefônicas para originar chamadas para telefones celulares com maior controle de gastos e racionalização dos custos.

Para a implantação desse sistema optou-se por instalar uma central de telefonia IP no escritório central e os outros três endereços conectados via internet a essa central. A escolha do escritório central deve-se por onde existir melhor infraestrutura de rede e maior número de ramais telefônicos.

A central de telefonia IP será instalada em um computador com sistema operacional Linux com o software Asterisk. A escolha do Asterisk deve-se por ser um software livre que dispensa licença de uso, assim como o Linux; e por estes serem totalmente compatíveis com os equipamentos que estão disponibilizados para este estudo.

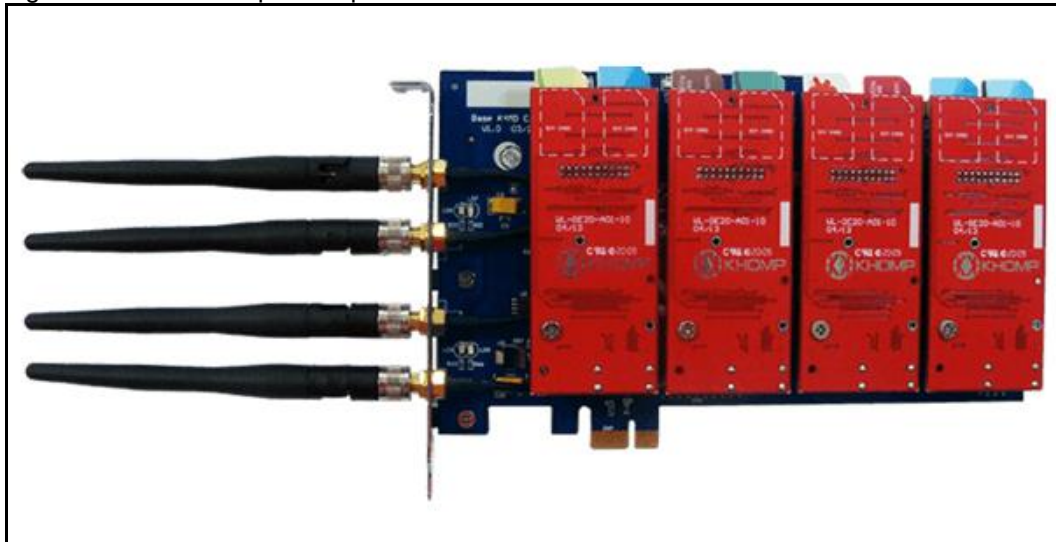
O Asterisk é um poderoso PABX com inúmeros recursos, e que segundo Gonçalves (2006) se destacam:

- a) redução de custos extrema: um PABX com recursos avançados tais como a voz sobre IP, URA e Distribuição automática de chamadas (DAC), tem custo muito superior;
- b) ter controle do sistema de telefonia: não possui uma interface proprietária, pode ser configurado abertamente, com equipamentos com protocolos padrões do mercado e com a filosofia do Linux;
- c) rico e abrangente em recursos: como citado acima poucos são os recursos encontrados em equipamentos PABX vendidos no mercado que não possam ser encontrados ou criados no Asterisk;
- d) plano de discagem flexível e poderoso: a maioria das centrais, nem mesmo possuem rota de menor custo. No Asterisk este processo é simples e prático.

O Asterisk também trabalha com os padrões SIP e H.323 que foram mencionados no capítulo 6.

Esta central IP terá 4 interfaces de telefonia GSM para conexão com a rede celular de 4 operadoras locais que serão utilizadas para originar chamadas com o menor custo, consultando um serviço online para identificação da operadora do número discado. Essas 4 interfaces GSM estão presentes numa placa *PCI Express*.

Figura 20 – Placa Voip Khomp GSM-40



Fonte: Khomp (2016).

Além do serviço de identificação da operadora, cada uma das linhas de celular é pré-paga, oferecendo assim o máximo de controle de custos nas ligações. Estão disponíveis atualmente na maioria das operadoras, planos pré-pagos com tarifas reduzidas para ligações dentro da mesma operadora e este será um recurso que será muito útil para a redução de custos.

8.3 IMPLANTAÇÃO

A realização da substituição do sistema de telefonia foi executada através das etapas detalhadas a seguir.

8.3.1 Análise preliminar

Para a execução deste projeto foi necessário realizar um levantamento básico da infraestrutura de rede e telefonia de cada escritório para correta instalação e configuração dos equipamentos.

8.3.1.1 Infraestrutura de rede

No escritório central é onde se encontra o maior número de dispositivos de rede com dezenas de computadores conectados a *switches* e a um roteador de internet. O acesso à internet é fornecido por um provedor local com endereço de IP fixo e público com plano corporativo *full-duplex* de 4MB.

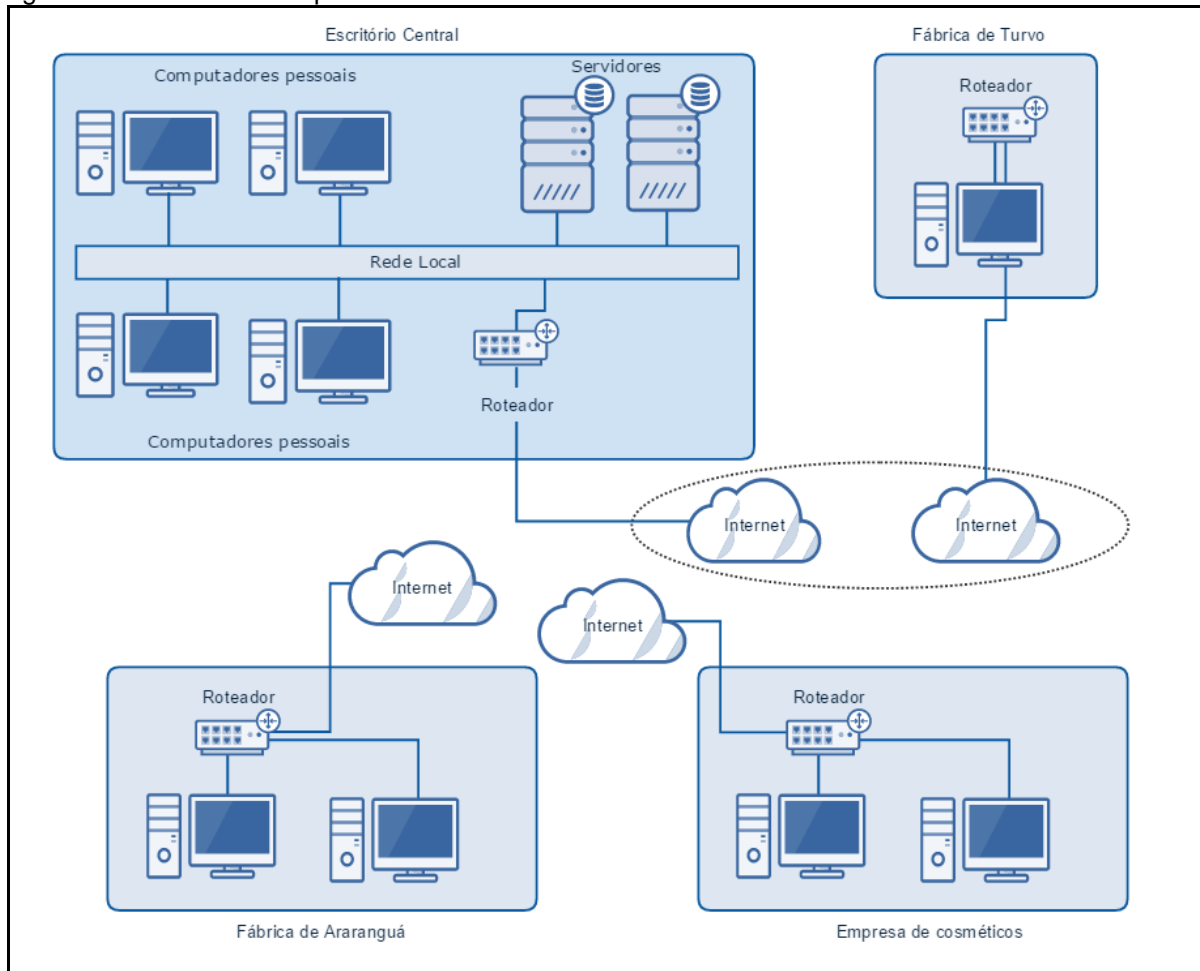
Na fábrica de Turvo existe apenas um computador conectado a um roteador de internet. O acesso à internet é fornecido pelo mesmo provedor local do escritório central com plano de 1,5MB de *download* e 512k de *upload*. Por estar conectado ao mesmo segmento de rede do mesmo provedor de internet, constatou-se uma baixa latência de rede até o endereço de IP do escritório central.

Na empresa de cosméticos existem dois computadores conectados via *wireless* a um roteador de internet. O acesso à internet é através da linha telefônica fixa pelo serviço *Assymetrical Digital Subscriber Line* (ADSL) com plano de 5MB de *download* e 512k de *upload*.

Por fim, na fábrica de Araranguá possui uma estrutura similar à empresa de cosméticos: dois computadores conectados via *wireless* a um roteador de internet. O acesso à internet também é através da linha telefônica fixa pelo serviço ADSL com plano de 5MB de *download* e 512k de *upload*. Porém o acesso à internet mostrou-se instável em diversos momentos e dias diferentes, além da alta latência para o endereço de IP fixo do escritório central e também a quaisquer sites da internet, comparado ao acesso à internet nos outros endereços.

Não há, no entanto, nenhuma conexão entre as redes dos 4 escritórios. Os sistemas disponibilizados nos servidores do escritório central são acessados a partir de regras de *firewall* configuradas no roteador através do seu endereço de IP público.

Figura 21 – Redes das empresas



Fonte: Do autor.

8.3.1.2 Infraestrutura de telefonia

As três empresas sediadas no escritório central compartilham a mesma central telefônica analógica com uma linha de telefone fixo para originar e receber chamadas. São nove ramais no total, sendo um ramal para uso compartilhado, três ramais para a empresa de artefatos de cimento, quatro ramais para a contabilidade e um ramal para a imobiliária. No escritório central também são utilizados dois telefones celulares de uso compartilhado por diversos colaboradores para realização de chamadas para outros celulares, mas que não estão integrados à central telefônica.

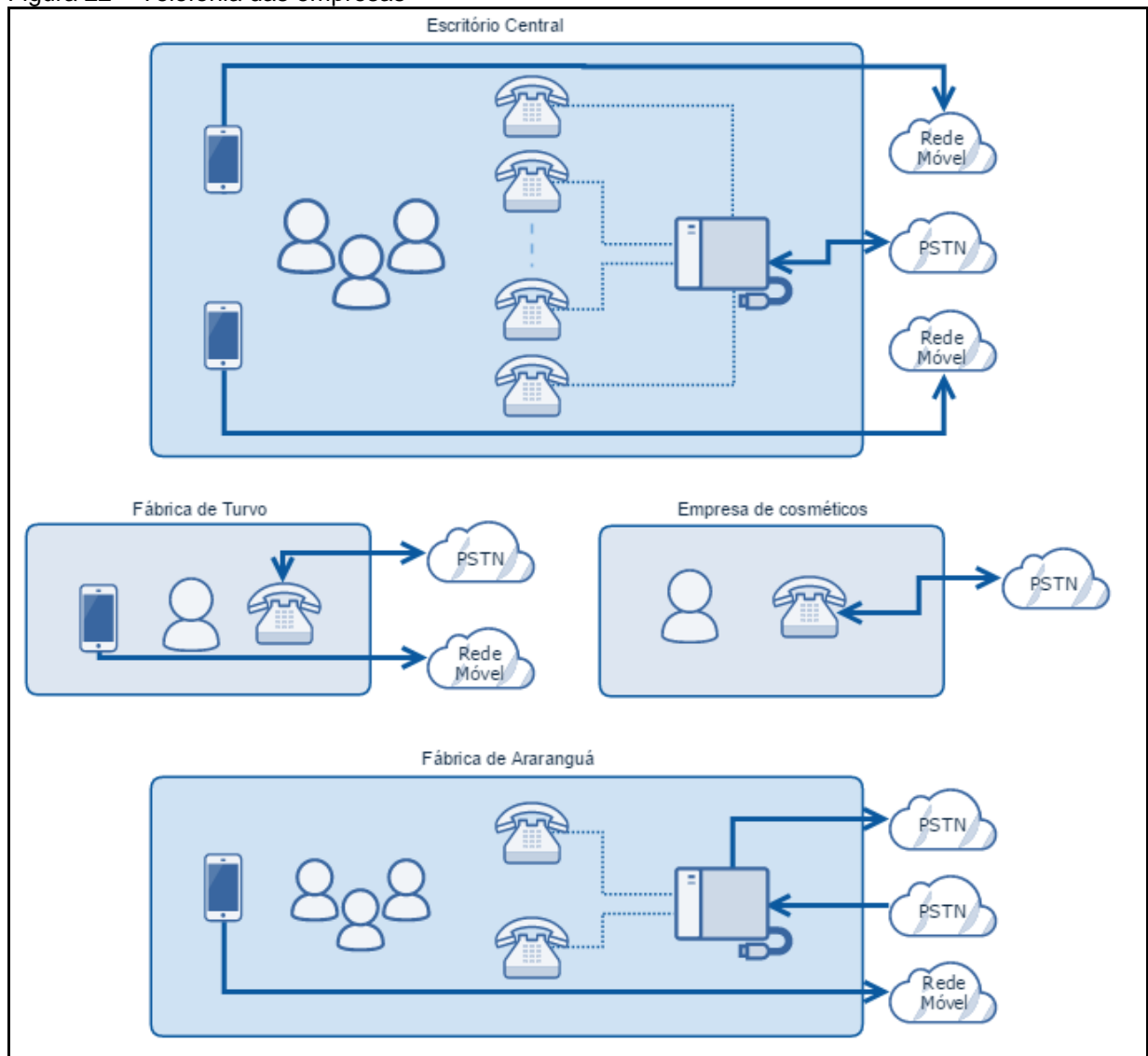
Esta central telefônica possui um menu de atendimento automático, mas por restrição técnica a mensagem de voz do menu deve ter um limite de tempo curto, com uma velocidade de fala muito acima do ideal, dificultando algumas vezes a compreensão das opções disponíveis.

Na fábrica de Turvo existe uma linha de telefone fixo e um telefone celular para originar e receber chamadas, mas não estão ligados a nenhuma central telefônica.

A empresa de cosméticos possui somente uma linha de telefone fixo para originar e receber chamadas.

E na fábrica de Araranguá há uma central telefônica analógica com duas linhas telefônicas, uma exclusiva para receber chamadas e outra exclusiva para originar chamadas. Nessa central há apenas dois ramais em uso e também é utilizado um telefone celular para ligações para outros celulares. Este celular não está integrado na central e tem baixo sinal da operadora dificultando sua utilização. Uma visão geral da telefonia das empresas está na figura 22.

Figura 22 – Telefonia das empresas



Fonte: Do autor.

8.3.1.3 Custos de telefonia

Com as linhas dos telefones fixos de cada escritório e as linhas celulares de uso compartilhado sendo utilizadas como descrito acima, as faturas telefônicas variam frequentemente.

O valor médio das contas telefônicas nos últimos seis meses, com exceção da empresa de cosméticos que possui pouco mais de dois meses de operação foi contabilizado e é exibido na tabela 1.

Tabela 1 – Valores das contas telefônicas

Local	Telefones fixos	Linhas celulares	Total por endereço	Valor médio assinatura
Escritório Central	R\$ 110,00	R\$ 120,00	R\$ 230,00	R\$ 65,00
Fábrica Turvo	R\$ 130,00	R\$ 60,00	R\$ 190,00	R\$ 65,00
Fábrica Araranguá	R\$ 300,00	R\$ 60,00	R\$ 360,00	R\$ 130,00
Cosméticos	R\$ 350,00	R\$ 0,00	R\$ 350,00	R\$ 65,00
Total geral	R\$ 890,00	R\$ 240,00	R\$ 1.130,00	R\$ 325,00

Fonte: Dados fornecidos diretamente pelas empresas

Como pode ser visto na tabela acima, a média do valor das linhas de telefone fixo tem valores superiores aos valores das assinaturas básicas atuais em cada linha, o que indica uma alta utilização para ligações.

Há ainda uma perspectiva de aumento no valor gasto na empresa de cosméticos, que tem um perfil de utilização diferente das demais empresas.

A instalação da central IP centralizada poderá permitir a redução dos custos apresentados. No caso da fábrica de Araranguá irá reduzir a necessidade da realização de chamadas para celular através da sua linha fixa e na empresa de cosméticos fornecerá ligações mais baratas independente do destinatário, além de fornecer comunicação entre os escritórios sem ocupar as linhas dos telefones fixos.

8.3.2 Instalação e configuração dos equipamentos

Para a instalação da central de telefonia proposta foram disponibilizados os seguintes itens:

- a) computador com processador Pentium Dual-Core E5300 2.60Ghz, 1GB de memória RAM e disco rígido de 80GB;
- b) placa Voip Khomp GSM-40;
- c) 3 ATAs Cisco SPA3102;
- d) 4 ATAs Cisco PAP2T;
- e) 1 ATA Cisco SPA2102;
- f) *softphone* CouterPath Bria para iOS.

De acordo com Gonçalves (2006), Mahler (2005) e Meggelen (2005) e este computador possui a configuração adequada para a instalação do Linux com o Asterisk para a quantidade de ramais e canais de voz deste ambiente.

Os ATAs Cisco SPA3102 serão os equipamentos que farão a conexão do PABX IP com o STFC para conexão com a rede de telefonia fixa em 3 endereços físicos e a placa Voip Khomp GSM-40 fará a conexão com as redes de telefonia celular.

Os ATAs Cisco PAP2T, SPA2102 e também o SPA3102 serão os equipamentos que serão configurados como ramais.

O *softphone* CounterPath Bria será utilizado para criar um novo ramal móvel em um smartphone para conexão de um colaborador da empresa quando este estiver fora da empresa.

8.3.2.1 Instalação do Linux e do Asterisk

O Asterisk é executado bem em qualquer distribuição estável do Linux (MAHLER 2005). A distribuição escolhida para a instalação foi a Ubuntu Server 12.04.5 versão 32 bits, pois foi indicado pelo suporte do fabricante da placa Voip Khomp GSM 4 canais por ser atualmente uma das distribuições estáveis com a última versão estável do *channel driver* necessário para a execução da placa PCI com o Asterisk.

O Ubuntu Server 12.04.5 versão 32 bits pode ser obtido em <http://releases.ubuntu.com/12.04.5/>. A instalação deste sistema operacional é simples, em que os principais passos se resumem em:

- a) inicialização do computador por meio de cd-rom ou pendrive com a imagem da instalação do sistema operacional;
- b) escolha do idioma da instalação e modo de instalação "Ubuntu Server";

- c) configurações de teclado e rede;
- d) configurações de conta de acesso ao sistema;
- e) definições de fuso horário e data e hora;
- f) particionamento do disco rígido e local da instalação;
- g) escolha de serviços a serem instalados: serviço de *Secure Shell* (SSH) através da opção *OpenSSH Server* e outros, se desejado;
- h) reinício do sistema.

A instalação do serviço *OpenSSH Server* é necessária para acesso remoto ao Linux.

Após o reinício do sistema, deve-se entrar com o usuário criado na instalação e preparar o Linux para a instalação do Asterisk. Isto inclui a atualização da lista online dos repositórios de pacotes e solicitação da atualização dos pacotes já instalados no sistema. Para este procedimento deve-se executar os comandos em sequência exibidos na figura 23.

Figura 23 – Comandos para atualização de pacotes

```
sudo rm -f -R /var/lib/apt/lists/*
sudo rm -f -R /var/lib/apt/*
sudo apt-get clean
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

Fonte: Do autor.

Observa-se que em todos os comandos possuem a palavra “*sudo*” na frente. Esta palavra é um comando de sistema para elevar os privilégios de execução do comando a seguir. Após a primeira execução é necessária entrar com a senha do usuário com permissões elevadas para a conclusão do comando.

A versão 1.8 do Asterisk é distribuída nativamente no Ubuntu Server 12.04 e será utilizada neste trabalho. Para instalá-la juntamente com alguns pacotes adicionais necessários e iniciar o Asterisk deve-se executar os comandos em sequência exibidos na figura 24.

Figura 24 – Comandos para instalação e inicialização do Asterisk

```
sudo apt-get install asterisk asterisk-config asterisk-mp3
asterisk-modules
sudo /etc/init.d/asterisk start
```

Fonte: Do autor.

Após a execução dos comandos mostrados nas figuras 23 e 24 a central telefônica IP já está em execução, faltando a configuração dos ramais, troncos telefônicos, regras de discagem e algumas configurações adicionais.

Para acessar o console de comandos do Asterisk, deve-se usar o comando: *sudo asterisk -r*. Neste console é possível visualizar o início e fim das chamadas, acompanhar a conexão e desconexão dos dispositivos e efetuar comandos. Alguns comandos que podem ser utilizados neste console são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Exemplos de comandos no console do Asterisk

Comando	Finalidade
<i>core show channels</i>	Exibe informações de chamadas em andamento
<i>sip show peers</i>	Exibe os usuários SIP registrados
<i>module reload</i>	Aplica configurações efetuadas nos arquivos
<i>khomp channels show</i>	Exibe informações dos canais Khomp
<i>core restart now</i>	Reinicia o Asterisk imediatamente
<i>core restart when convenient</i>	Reinicia o Asterisk quando estiver ocioso

Fonte: Do autor.

O comando '*khomp channels show*' descrito acima não é nativo do Asterisk. O *channel driver* necessário para a utilização da placa Voip Khomp GSM-40 adiciona este comando ao console. A instalação deste componente será discutida ainda neste capítulo.

A configuração do sistema de telefonia é baseada em arquivos texto localizados no diretório */etc/asterisk*. Os principais arquivos serão comentados parcialmente a seguir neste capítulo, com o objetivo de facilitar a compreensão das configurações dos equipamentos que foram utilizados. Os arquivos completos necessários nesta implantação com todas as configurações funcionais são mostrados nos apêndices deste trabalho.

8.3.2.2 Configuração dos ramais e linhas de telefone fixo

Os ATAs Cisco PAP2T, SPA2102 e o SPA3102 farão comunicação com o Asterisk através do protocolo SIP para prover os ramais e troncos com a telefonia

fixa. Para configuração de telefones SIP é necessário editar o arquivo */etc/asterisk/sip.conf*.

Este arquivo, assim como outros arquivos de configuração, possui diversas sessões que agrupam as configurações. Neste arquivo, há uma sessão especial denominada *[general]* que define algumas opções globais. As sessões seguintes definem os parâmetros de clientes tais como nome de usuário, senha, contexto das chamadas e endereços IPs.

A configuração de cada ramal é similar à mostrada na figura 25.

Figura 25 – Configuração de um ramal SIP

```
[200]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7
```

Fonte: Do autor.

Neste caso o ramal terá como número 200, senha 20128 com IP dinâmico. Terá acesso a plano de discagem do contexto 'total' do arquivo */etc/asterisk/extensions.conf* que será comentado a seguir.

Os ramais do escritório central foram configurados com a mesma numeração do central de telefonia antiga. Na fábrica de Turvo, na empresa de cosméticos e na fábrica de Araranguá foram criados ramais novos com numeração subsequente. Um novo ramal também foi criado para instalação em um smartphone da empresa. Na tabela 3 temos a lista resumida com os números dos ramais antigos e dos novos ramais agregados.

Tabela 3 – Numeração dos ramais

Ramais	Local
200 a 209	Ramais do Escritório Central
210	Fábrica de Turvo
211	Empresa de cosméticos
220	Fábrica de Araranguá
250	Ramal móvel

Fonte: Do autor.

Os troncos de telefone fixo que são fornecidos pelos ATAs Cisco SPA3102 também são configurados também no arquivo *sip.conf*, porém foi utilizado uma nomenclatura diferente. Na figura 26 é exibida a configuração do tronco de telefone fixo do escritório central:

Figura 26 – Configuração de um tronco SIP

```
[pstn-es]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
canreinvite=no
context=entradalinhas
qualify=yes
```

Fonte: Do autor.

A configuração é similar à de um ramal, mas uma diferença além da nomenclatura utilizada é definição através do contexto “entradalinhas” como será o tratamento das chamadas recebidas pelo sistema no arquivo */etc/asterisk/extensions.conf*. A configuração de todos os ramaís e outras opções está detalhada no apêndice A deste trabalho.

Também no arquivo *sip.conf* foi definido que o protocolo utilizado para as sessões SIP é o UDP e a porta de comunicação é a 61000. A porta padrão do protocolo SIP no Asterisk é a UDP 5060, mas foi alterado pois o serviço estará disponível em um endereço de IP público.

8.3.2.3 Instalação dos ramaís e linhas de telefone fixo

A instalação dos ramaís e linhas de telefone fixo no Asterisk em substituição ao sistema antigo divide-se na parte física e na parte de configuração dos ATAs.

Como visto anteriormente, no escritório central há 9 ramaís e 1 linha de telefone fixo. Para substituição desses ramaís e da entrada da linha fixa utilizou-se 4 ATAs Cisco PAP2T e 1 ATA Cisco SPA3102. Estes equipamentos foram instalados próximos ao PABX antigo, sendo necessário apenas a troca das conexões dos ramaís e da linha fixa para os novos equipamentos. Estes 5 ATAs foram conectados a um *switch* exclusivo e este conectado a uma placa de rede do computador com

Asterisk. Deste modo, não há conectividade entre a rede local dos computadores e a rede dos ATAs.

Na fábrica de Turvo e na empresa de cosméticos, locais onde não possuíam PABX, foi utilizado 1 ATA Cisco SPA3102 em cada escritório. Nos dois locais, este equipamento foi instalado utilizando a conexão da entrada do telefone fixo já existente. Cada aparelho de telefone foi conectado ao ATA local e se tornou um ramal da central IP do escritório central.

Figura 27 – ATA Cisco SPA3102



Fonte: Cisco (2016).

Também na fábrica de Turvo e na empresa de cosméticos a linha telefônica local foi configurada para receber chamadas externas diretamente sem encaminhar para o escritório central. Somente em caso de não atendimento telefônico em um tempo configurável que as ligações são encaminhadas para atendimento centralizado. As chamadas telefônicas originadas nestes locais com destino para telefones fixos locais ou ligações gratuitas também são realizadas sem a necessidade de consulta ao PABX IP e não dependem de conexão de rede.

Na fábrica de Araranguá foi necessária uma instalação mista de telefonia IP com a telefonia convencional. A instabilidade constatada na rede deste local foi determinante para essa decisão. Foi utilizado 1 ATA Cisco SPA2102 configurado como um tronco ao PABX já existente, fornecendo acesso a central IP para originar e receber chamadas IP. Deste modo, a indisponibilidade de rede que ocasionaria na falha da telefonia terá o sistema anterior como contingência ativa.

A configuração dos três modelos de ATA é similar, bastando acessar sua interface de configuração http e fornecer as informações dos ramais, como endereço IP do servidor Asterisk, número do ramal e senha de cada de acordo com o que foi

definido no arquivo `/etc/asterisk/sip.conf`. A interface de configuração do ATA Cisco SPA PAP2T, que possui duas portas FXS, pode ser vista na figura 28.

Figura 28 – Interface de configuração ATA Cisco SPA PAP2T

The screenshot shows the Linksys configuration interface for a SPA PAP2T ATA. The interface is titled "LINKSYS A Division of Cisco Systems, Inc." and "Phone Adapter with 2 Ports for Voice-Over-IP". The "Voice" section is active, and the "Line 1" tab is selected. The "Basic View" is displayed, and the "User Login" link is visible in the top right corner.

The configuration settings for Line 1 are as follows:

- Line Enable: yes
- SIP Port: 5060
- Proxy: 172.16.0.149:61000
- Register: yes
- Register Expires: 3600
- Make Call Without Reg: no
- Register Expires: 3600
- Ans Call Without Reg: no
- Display Name: 200
- User ID: 200
- Password: *****
- Use Auth ID: no
- Auth ID: [Empty]

The "Supplementary Service Subscription" section includes the following settings:

- Call Waiting Serv: no
- Block CID Serv: yes
- Block ANC Serv: yes
- Dist Ring Serv: yes
- Cfwd All Serv: yes
- Cfwd Busy Serv: yes
- Cfwd No Ans Serv: yes
- Cfwd Sel Serv: yes
- Cfwd Last Serv: yes
- Block Last Serv: yes
- Accept Last Serv: yes
- DND Serv: yes
- CID Serv: yes
- CWCID Serv: yes
- Call Return Serv: yes
- Call Back Serv: yes
- Three Way Call Serv: yes
- Three Way Conf Serv: yes

Fonte: Do autor.

Os ATAs Cisco SPA2102 e SPA3102 também tem a função de roteador de internet com opção de priorização de tráfego para a telefonia IP. O modelo SPA2102 possui duas portas FXS e o modelo SPA3102 possui uma porta FXS e uma porta FXO. A interface de configuração do ATA Cisco 2102 pode ser vista na figura 29.

Figura 29 – Interface de configuração ATA Cisco SPA 2102

The screenshot shows the Linksys configuration interface for a SPA 2102 ATA. The interface is titled "LINKSYS A Division of Cisco Systems, Inc." and "Linksys Phone Adapter Configuration". The "Router" section is active, and the "Wan Setup" tab is selected. The "Admin Login" link is visible in the top right corner.

The configuration settings for the Router are as follows:

- Product Name: SPA-2102
- Serial Number: FM500L513191
- Software Version: 5.2.13(004)
- Hardware Version: 1.4.5(a)
- MAC Address: 000E084B6835
- Client Certificate: Installed
- Customization: Open

The "System Status" section includes the following settings:

- Current Time: 6/2/2016 08:03:03
- Elapsed Time: 00:00:09
- Wan Connection Type: DHCP
- Current IP: 192.168.200.164
- Host Name: ata3
- Domain: [Empty]
- Current Netmask: 255.255.255.0
- Current Gateway: 192.168.200.1
- Primary DNS: 192.168.200.1
- Secondary DNS: 10.99.99.210
- LAN IP Address: 0.0.0.0
- Broadcast Pkts Sent: 3
- Broadcast Bytes Sent: 1027
- Broadcast Pkts Recv: 5
- Broadcast Bytes Recv: 1710
- Broadcast Pkts Dropped: 0
- Broadcast Bytes Dropped: 0
- WAN Link Status: 100 Full-duplex

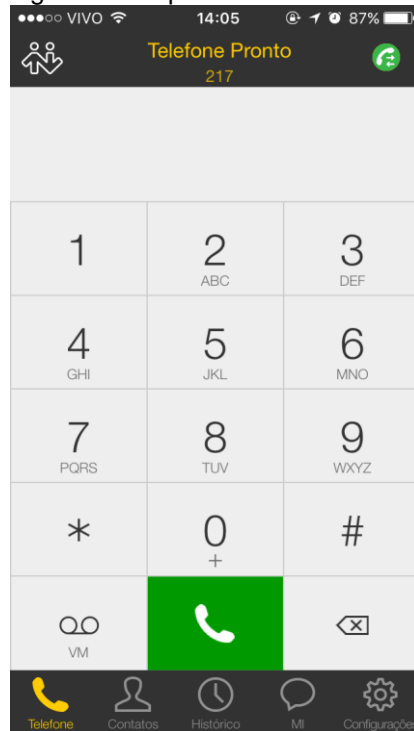
The interface also includes buttons for "Undo All Changes" and "Submit All Changes".

Fonte: Do autor.

A porta FXO do SPA3102 é responsável pela entrada da linha de telefone fixo e possuem alguns ajustes adicionais. As configurações dos três modelos de ATA são discutidas no apêndice E.

Um novo ramal que será utilizado por um colaborador da empresa foi instalado em um *smartphone*. Este ramal foi disponibilizado através de um aplicativo chamado CouterPath Bria que se conecta ao Asterisk utilizando o protocolo SIP. As configurações são similares as utilizadas nos ATAs: como endereço IP do servidor Asterisk, número do ramal e senha. A interface de usuário deste aplicativo se assemelha ao do teclado do celular, como pode ser visto na figura 30.

Figura 30 – Aplicativo CouterPath Bria



Fonte: Do autor.

A disponibilidade do ramal SIP em um *smartphone* permite a mobilidade das facilidades implantadas nesta central IP, sendo possível também a comunicação com os outros ramos também fora da empresa através da internet.

8.3.2.4 Instalação das linhas de telefone celular

A conexão com as redes das operadoras de celular é realizada pela placa Voip Khomp GSM 4 canais. Esta placa foi instalada em um slot PCI do computador e possui entradas para 8 chips de celular com possibilidade de uso simultâneo de 4

deles. Em cada slot está habilitado um chip com uma linha de cada operadora de celular disponível localmente: Vivo, Tim, Claro e Oi.

A disponibilização desses canais com o Asterisk é realizada através de um driver específico para essa placa. Este driver é disponibilizado pelo site <http://www.khomp.com/> em uma sessão exclusiva para clientes. Com o arquivo de instalação do driver devidamente copiado para o diretório do usuário do sistema, os comandos para a instalação são exibidos na figura 31.

Figura 31 – Instalação driver Khomp

```
gzip -d channel_4.3_007_i686.sh.tgz
sudo apt-get install unzip
sudo apt-get install dialog
sudo bash channel_4.3_007_i686.sh
```

Fonte: Do autor.

Após o término da execução do script de instalação do driver é necessário responder sim para reinicialização de alguns serviços da Khomp.

Para a conclusão da configuração do *channel driver* é necessário acessar uma *interface* de administração e configuração de dispositivos da Khomp para fornecimento de dados da placa que será utilizada nesta instalação. Esta *interface* é acessível através de um serviço http executado neste servidor. Por padrão esse serviço http é executado na porta 14100 e para logar o usuário padrão é admin com senha khomp.

Nesta interface de configuração deve-se acessar o menu Configuração, Dispositivos e selecionar a placa GSM caso ela apareça automaticamente na tela. Caso contrário deve-se acionar a opção “Adicionar manualmente” e selecionar no grupo “Placas” a opção “KGSM-40”. Em ambos os casos é necessário informar o número de série de fábrica da placa.

Após adicionar e aplicar a configuração na interface é necessário reiniciar os serviços da Khomp através do comando `sudo /etc/init.d/khomp-services restart`. Também é necessário reiniciar o Asterisk através do comando `sudo /etc/init.d/asterisk restart`. Com a configuração finalizada, é possível verificar status das ligações, sinal de cada linha celular e outras informações. Na figura 32 é exibido uma tela com informações dos canais GSM.

Figura 32 – Informações de canais GSM

Canal	Simulações	Estado	Detalhes	Número discado	Duração	Tempo médio	Entrantes	Saintes			SIM Card	Operadora	Sinal	Opções
								Qde	Falhas	Completadas				
0	GSM	Idle	Idle	-	-	00:05:00	0	18	4	11	0 ▼	BRA BrTCelular	65%	
1	GSM	Idle	Idle	-	-	00:01:07	0	4	0	2	0 ▼	VIVO	42%	
2	GSM	Idle	Idle	-	-	00:01:02	2	1	0	0	0 ▼	TIM	27%	
3	GSM	Idle	Idle	-	-	00:00:43	1	1	0	0	0 ▼	CLARO BR	79%	

Fonte: Do autor.

O arquivo de configuração `/etc/asterisk/khomp.conf` possui poucas opções, como a definição de qual contexto é utilizado para tratar as ligações recebidas e tratamento das mensagens de texto nas linhas celulares. Este arquivo está detalhado no apêndice D deste trabalho.

Com a configuração dos ramais, dos troncos de telefonia fixa e das linhas de telefone celular executados, o próximo passo é configurar as regras de discagem.

8.3.2.5 Configuração dos planos de discagem e rota de ligações

O arquivo `/etc/asterisk/extensions.conf` é onde são configuradas as regras de discagem e contexto para as ligações.

O plano de discagem é o coração do Asterisk, pois ele define como serão gerenciadas as chamadas. Consiste em uma lista de instruções ou passos que o sistema deve seguir. Essas instruções são executadas a partir dos dígitos recebidos por um canal (GONÇALVEZ 2006).

Um contexto é uma seção dentro do arquivo `extensions.conf` onde se define o escopo e permite separar diferentes partes de um plano de discagem.

Neste servidor há um contexto [entradalinhas] que possui uma sequência de comandos para tratar uma chamada sendo recebida pelo Asterisk, que direciona a ligação para outro contexto chamado [menuat] que faz o autoatendimento da ligação e executa um arquivo de áudio com as opções para o usuário.

As ligações entre os ramais, ligações para telefones fixo e telefones celulares são tratados em diversos contextos e são mostrados em detalhes no apêndice B.

Figura 33 – Contexto agrupando outros contextos

```
[total]
include => ramais
include => fixo0800
include => fixointernos
include => fixolocal
include => fixoddd
include => celular48
include => celularddd
```

Fonte: Do autor.

Entre esses contextos, destacam-se os responsáveis pelas ligações para celulares que realizam consulta a um *web service* com o número discado para a identificação correta da operadora de destino. Com essa informação o Asterisk toma a decisão de utilizar o chip com o menor custo de ligação para esta chamada. Este serviço de consulta é pago e fornecido por uma empresa que fornece serviços SIP.

No caso de falha na consulta por qualquer motivo ou caso a linha com a rota mais barata já esteja sendo utilizada para outra ligação, é escolhido outra para completar a ligação.

Em todos os casos, as ligações para fixos e celulares têm duração máxima determinada, com objetivo de racionalizar o uso das linhas. O usuário é notificado com avisos sonoros temporizados ao se aproximar do fim do tempo máximo configurado.

8.3.2.6 Configurações adicionais

O arquivo */etc/asterisk/rtp.conf* contém as configurações do protocolo RTP que definem as portas UDP utilizadas para a transmissão das chamadas. Os valores padrões foram alterados para porta de início 61001 e porta de fim 61999. Este arquivo está detalhado no apêndice C.

Pelo fato do servidor Asterisk não utilizar IP público na internet foi necessário ativar no roteador central o redirecionamento das portas UDP utilizadas. Deste modo, os ATAs de fora do escritório central e o ramal do *smartphone* foram

configurados com o servidor SIP apontando para o endereço de IP público do roteador e este enviando o tráfego para a endereço de IP privado do Asterisk. Os ATAs internos possuem um segmento exclusivo de rede com ips locais, sendo utilizado IP local do servidor Asterisk.

Além desta configuração, foi também priorizado o tráfego UDP das portas 61000 até 61999 através opções de Qualidade de Serviço, do inglês *Quality of Service* (QOS) no roteador do escritório central, com o objetivo de dar preferência aos pacotes de voz na conexão de internet.

Os ATAs Cisco SPA2102 e Cisco SPA3102 que ficam fora do escritório central e que se conectam ao Asterisk pela internet, possuem função de roteador com QOS e foram instalados entre o roteador que já existia e os computadores internos. Desde modo os pacotes de voz receberão prioridade na conexão de internet em cada local.

8.3.3 Acompanhamento e ajustes

A instalação do Asterisk, com a configuração dos arquivos de configuração e dos equipamentos ocorreu sem nenhum problema.

Após a substituição pela nova estrutura, foi constatado uma diferença do volume do áudio nos ramais, que foi ajustado na configuração dos ATAs.

Também foi atualizado o menu de atendimento automático com novos níveis de menus, com diversas destinações das ligações. A central antiga possuía apenas um menu único e com tempo reduzido de mensagem de menu de atendimento.

Foi necessário atualizar o plano de discagem, pois em algumas regiões do Brasil, os números de celular estão migrando de 8 para 9 dígitos. Inicialmente o sistema aceitava ligações somente para celulares com 8 dígitos, que foi facilmente atualizado. Para essa atualização na central antiga é necessária a troca de um componente de hardware específico para este modelo de PABX.

O plano de discagem da nova plataforma também foi modificado. A discagem para números externos é direta, sem necessidade de obtenção de linha por algum código de acesso ao tirar o telefone do gancho.

Para efetuar ligações para telefones fora da área local no sistema antigo, era obrigatório a inserção do código da operadora de longa distância, assim como é

realizado nos telefones convencionais. No novo sistema, não é mais necessário a utilização de operadora para ligações, sendo suficiente apenas discar o código de área seguido do número de telefone. A escolha pela operadora ou rota mais barata é definido nas regras de discagem do Asterisk.

Na fábrica de Araranguá devido a sua infraestrutura de rede de baixa performance e estabilidade foram necessários vários ajustes específicos no ATA instalado. Configurações como *jitter* e intervalo de registro SIP foram modificadas para melhorar a conexão do ramal SIP.

8.4 VISÃO DA NOVA ESTRUTURA DE TELEFONIA

O novo PABX central deste grupo de empresas agora possui 13 ramais, 3 linhas de telefone fixo e 4 linhas de celular diretamente conectados.

A fábrica de Turvo e a empresa de cosméticos são ramais do escritório central. As ligações locais ou gratuitas originadas nesses locais são efetuadas localmente, sem passar pelo Asterisk. As ligações com outros destinos, como celulares ou telefones não locais, são encaminhadas para a central IP.

As ligações recebidas no escritório central pela linha fixa ou móveis podem ser encaminhadas diretamente aos ramais de fora.

As ligações recebidas na fábrica de Turvo ou na empresa de cosméticos também podem ser encaminhadas para qualquer ramal do escritório central.

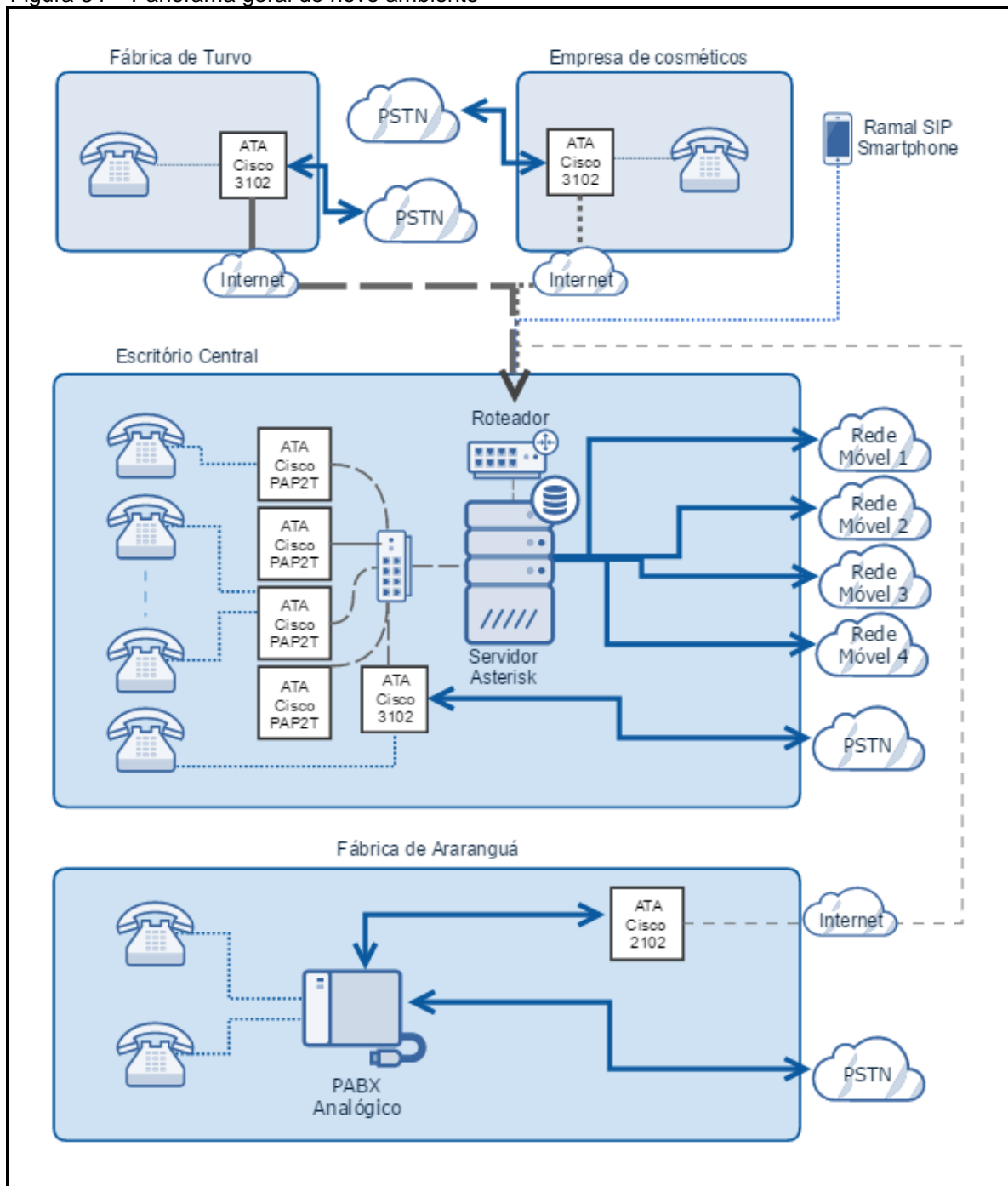
Quando a linha fixa do escritório central estiver ocupada, as linhas da fábrica de Turvo ou da empresa de cosméticos podem ser utilizadas para chamadas locais, aumentando a disponibilidade para chamadas locais.

Um novo e potencial recurso é a possibilidade de transferência das ligações recebidas para telefones externos, sejam fixos ou celulares. Uma aplicação usual será o recebimento de uma ligação de um cliente e a transferência para o celular de um colaborador de maneira transparente, como se estivesse passando ligação para um ramal do PABX.

Por fim, a fábrica de Araranguá possui um ramal do Asterisk conectado na sua central antiga atuando como tronco de telefone, que pode originar e receber chamadas dos os ramais da central ou qualquer telefone.

A nova organização do sistema de telefonia está demonstrada na figura 34.

Figura 34 – Panorama geral do novo ambiente



Fonte: Do autor.

8.5 PROBLEMAS ENCONTRADOS

A implantação deste sistema foi gradual e localizada. No escritório central foram necessários poucos ajustes pois toda a estrutura se manteve uma estrutura totalmente local.

O sinal da operadora Vivo foi em alguns momentos insuficiente para completar chamadas, pois a cobertura nesta região da cidade é razoável e em alguns locais mais específicos é fraco. Para solucionar este problema, foi substituído uma das antenas da placa Voip GSM-40 por outra com maior ganho e maior cabo de conexão.

Na empresa de cosméticos a utilização do ATA como roteador com QOS ativo permitiu o uso normal. Apenas o problema da numeração dos celulares com 9 dígitos foi relatado e modificado no Asterisk.

Na fábrica do Turvo, que utiliza a rede do mesmo provedor de internet do escritório central não houve problemas relatados. Seu ATA também foi instalado e configurado com QOS.

O principal problema desta implantação ocorre na fábrica de Araranguá. A instabilidade da rede de internet e a alta latência foi determinante para a implantação parcial da telefonia IP. A indisponibilidade da rede em alguns momentos pode interromper a conexão com a central IP, sendo necessário utilização tradicional das linhas telefônicas.

8.6 RESULTADOS OBTIDOS

Este trabalho efetuou a migração de instalações de telefonia convencional para a telefonia IP, agrupando os recursos telefônicos e a comunicação de 4 escritórios com endereços diferentes. Os novos recursos e a integração da telefonia dos 4 endereços físicos foram extremamente úteis e com benefícios imediatos.

A comunicação unificada com os novos ramais fora do escritório central diminuiu a utilização das linhas telefônicas entre os pontos. Reduziu-se drasticamente a necessidade de interrupções nas chamadas recebidas ou originadas nas linhas de telefone fixo, para a realização de consultas simples aos ramais.

Houve também um aumento da disponibilidade telefônica sem a necessidade de aquisição de novas linhas com a integração de todos os troncos na mesma central. Por exemplo, no escritório central, onde há uma demanda maior por ligações, mesmo com a linha principal ocupada, há disponibilidade para receber e originar chamadas, seja pelas linhas celulares ou pelos troncos com o STFC localizados nos outros endereços.

O controle do consumo da conta telefônica é um dos maiores benefícios, pois o Asterisk efetua as ligações nas rotas de menor custo, utilizando as linhas de telefone fixo somente para ligações locais e as linhas celulares com ligações para celulares.

As ligações para celulares, disponíveis para todos os ramais, com identificação das operadoras de destino e com linhas pré-pagas também contribuem para se ter custos controlados.

Com essas características será estagnado o aumento dos custos gerais de telefonia, principalmente no caso da empresa de cosméticos, e a médio prazo reduzir consideravelmente o custo total com telefone nestas empresas.

No período em que o novo sistema foi utilizado pelas empresas, no mês de maio de 2016, não foi possível obter o impacto real sobre as contas telefônicas, pois estas contas não foram faturadas pelas operadoras até a presente data. Contudo, há condições de se prever a economia gerada pelo sistema.

Considerando os valores gastos nas linhas celulares pré-pagas, no serviço de identificação de operadora e os valores médios atuais das contas das linhas telefônicas sem as ligações para celulares e fixos não locais, podemos ter uma previsão mensal de gastos. Estes valores são exibidos na tabela 4.

Tabela 4 – Valores mensais estimados das contas telefônicas

Local	Valor
Escritório Central	R\$ 65,00
Fábrica Turvo	R\$ 65,00
Fábrica Araranguá	R\$ 130,00
Cosméticos	R\$ 65,00
Operadora Vivo (pré-pago)	R\$ 15,00
Operadora Tim (pré-pago)	R\$ 15,00
Operadora Claro (pré-pago)	R\$ 15,00
Operadora Oi (pré-pago)	R\$ 56,00
Consulta de operadora	R\$ 15,00
Total geral	R\$ 441,00

Fonte: Do autor.

Na fábrica de Araranguá, há possibilidade ainda de redução, se os problemas de infraestrutura de rede forem resolvidos e com o cancelamento da segunda linha fixa, que ficou ociosa.

Os valores das linhas celulares do plano empresarial foram desconsideradas por não estarem sendo utilizadas neste sistema, mas que poderão

ser reduzidas e algumas linhas canceladas pela conseqüentemente diminuição de seu uso.

Ressalta-se que os valores das linhas celulares pré-pagas são de ofertas atuais e que podem sofrer alterações de benefícios, o que requer atenção contínua para melhor utilização. Porém a oferta de planos de todas as operadoras é bastante variada e também existem planos na modalidade controle, que oferecem pacotes de ligações com preço fixo.

8.6.1 Discussão dos resultados

Dos trabalhos correlatos a este mencionados anteriormente no capítulo 7, dois podem ser comparados e relacionados a este.

A monografia de Marcioni Serafim, na Universidade do Extremo Sul Catarinense, demonstrou o potencial da utilização do Asterisk em uma implantação de teste, sem a substituição definitiva de um sistema já existente.

Tânia Lúcia Monteiro em sua dissertação de mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina, aborda a implantação real de um sistema de telefonia IP em um ambiente de maior porte, porém com a escolha de um conjunto de soluções de um fornecedor específico, sem a utilização do Asterisk.

8.7 CUSTOS RELACIONADOS

Os valores estimados dos equipamentos utilizados para a implementação deste sistema estão relacionados na tabela 5.

Tabela 5 – Valores estimados dos equipamentos

Equipamento	Valor
Computador Pentium Dual-Core 2.60Ghz	R\$ 1.000,00
Placa Voip Khomp GSM-40	R\$ 4.700,00
ATAs Cisco SPA3102 (3 unidades)	R\$ 1.200,00
ATAs Cisco PAP2T (4 unidades)	R\$ 770,00
ATA Cisco SPA2102 (1 unidade)	R\$ 300,00
Softphone CouterPath Bria	R\$ 30,00
Total geral	R\$ 8.000,00

Fonte: Do autor.

Os equipamentos foram disponibilizados por uma empresa para realização desta pesquisa e estarão disponíveis para compra.

Esta central IP permite o uso de equipamentos compatíveis com o Asterisk e protocolos que ele dá suporte, possibilitando a escolha de diversos fabricantes e fornecedores.

8.8 CONTINGÊNCIA

Apesar das inúmeras vantagens e da redução iminente de custos, são vários locais onde estão instalados os equipamentos e a probabilidade de ocorrerem problemas pode variar.

A maioria das situações de falhas neste ambiente pode ser rapidamente solucionada.

No caso de falha de rede em algum dos pontos fora do escritório central, as ligações telefônicas poderão ser realizadas pela linha local conectada ao STFC. Os ATAs Cisco SPA3102 foram configurados para utilizarem automaticamente a linha local quando são desligados da tomada e também possuem um comando para acesso a linha local sem passar pelo Asterisk.

Na fábrica de Araranguá, por ter instabilidade ocasional da rede de internet, o PABX antigo está conectado ao Asterisk e ao STFC.

Um caso mais grave de falha geral no servidor Asterisk do escritório central, que não possa ser resolvido de imediato, tal como uma falha no hardware do servidor, há a possibilidade imediata de reativar o PABX antigo, visto que ele não foi retirado do local e os números e posições das conexões telefônicas foram mantidas.

E também no caso de falha do servidor Asterisk, como toda a infraestrutura dos ramais utiliza a arquitetura SIP, pode-se migrar as configurações dos equipamentos para outro servidor temporário executando Linux com Asterisk, no mesmo local ou da internet. Uma instância deste servidor Asterisk executando em algum servidor virtual pode ser rapidamente criada para ser utilizada.

8.9 OTIMIZAÇÃO E MELHORIAS

O Asterisk, como já mencionado anteriormente, é um poderoso PABX com grande capacidade e flexibilidade. Neste cenário apresentado pode ser aplicado diversos recursos e tecnologias.

Há disponibilidade da coleta dos dados das ligações para bilhetagem em banco de dados, com integração já nativa ao Asterisk. Essas informações podem ser úteis para análise dos destinatários e quantidade de chamadas, para planejamento de novas linhas ou ramais.

Para aumentar a disponibilidade dos canais de voz para originar ligações, há possibilidade de contratação de serviços VoIP para terminação de chamadas. Existem diversos fornecedores com valores variados, mas que não dependem de investimento em hardware, com pacotes de minutos ilimitados a preço fixo e pacotes com valor por minuto.

Na fábrica de Araranguá, após serem resolvidos os problemas de conectividade pode ser desativado totalmente o PABX analógico e instalado ATAs para ter uma completa integração ao Asterisk.

Uma interligação das redes dos 4 endereços físicos, além de resolver os problemas encontrados na fábrica de Araranguá, também pode ser útil para a escalabilidade desta central IP e otimizar a latência de rede entre o servidor Asterisk e os ramais não localizados no escritório central, otimizando a qualidade de voz.

Mensagens de aviso ou autoatendimento baseadas em horários, feriados locais ou períodos de férias coletivas podem ser adicionadas. Para clientes da contabilidade, com opção para transferência para algum celular de colaborador de plantão para tratamento de urgências dos clientes e para clientes da empresa de cosméticos com outros fusos horários do Brasil, no caso de ligarem fora do horário comercial local.

Neste sistema também podem ser utilizados os recursos de SMS disponíveis na placa Khomp. O tratamento do recebimento de SMS já está implementado, mas há possibilidade de envio através da integração com algum aplicativo ou serviço neste servidor. Pode ser útil para comunicação com colaboradores e clientes com avisos, ações de pós-venda e promoções.

9 CONCLUSÃO

A utilização da telefonia IP traz uma enorme quantidade de oportunidades para as empresas. A possibilidade de redução de custos, novos recursos e facilidade de expansão são só alguns itens que demonstram as inúmeras possibilidades dessa tecnologia.

Este trabalho revisou alguns fatos históricos e a evolução das telecomunicações. Mostrou conceitos básicos da família de protocolos TCP/IP, que se tornou padrão mundial de comunicação entre dispositivos de todos os tipos. Também fez uma descrição dos termos usados em telefonia convencional.

A convergência da transmissão de diversos formatos de conteúdo por vários meios, que é intensificada a cada dia, também foi discutida. E para a realização deste trabalho também foram estudadas tecnologias de sobre voz sobre IP, o software Asterisk e alguns equipamentos de telefonia IP.

A implantação do software Asterisk, com a instalação de equipamentos de diversos fabricantes com protocolos padrões de mercado possibilitaram a substituição do sistema de telefonia convencional deste grupo de empresas para a telefonia IP. A nova central telefônica que foi instalada e configurada, possui recursos que somente PABXs com tecnologia proprietária e com custo altíssimo têm.

A utilização dos recursos telefônicos das empresas foi melhor organizada, com integração de diversos endereços físicos e com possibilidade de compartilhamento de linhas aumentando a disponibilidade telefônica, sem a necessidade de aquisição de novas linhas.

E a instalação de linhas móveis neste novo PABX para originar chamadas com identificação das operadoras de destino, possibilitou a comunicação com celulares integrada aos ramais com otimização de custos e liberdade de escolha das melhores ofertas de planos das operadoras de celular.

As empresas agora possuem um sistema de telefonia moderno, totalmente integrado e com modularidade.

Porém, para um melhor aproveitamento deste ambiente, é necessário ter uma infraestrutura de rede estável, o que não foi possível se obter em um dos endereços onde foi realizado este trabalho. Também é necessário um acompanhamento técnico específico e mais capacitado para a obtenção de melhores resultados.

Para trabalhos futuros pode-se estudar os parâmetros de qualidade de voz sobre IP, que seria útil neste ambiente e em redes maiores ou outros ambientes com redes heterogêneas. Estudos sobre aspectos de segurança e formatos de codificadores de áudio também ajudariam a aprimorar outras migrações deste mesmo tipo.

Por meio de toda a pesquisa realizada para a efetivação deste trabalho, foi proporcionada a oportunidade de ampliar os conhecimentos sobre as áreas de telefonia, redes de computadores e voz sobre IP e que proporcionou crescimento pessoal e preparação para um ambiente constantes novidades tecnológicas.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo Sampaio de. **Telefonia digital**. 3. ed. São Paulo (SP): Érica, 2000.

ARAÚJO, Mario Cesar Pereira de. **Convergência Digital**. 2006. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconverg/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

BERNAL, Paulo Sérgio M. **Voz sobre protocolo IP: a nova realidade da telefonia**. São Paulo, SP: Érica, 2007.

BONGIOLO, Marcelo. **Aplicação Experimental Para Comunicação de Voz Sobre IP**. 2004. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2004.

BRASIL. ANATEL. **Plano de Numeração Brasileiro**. 2015. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/setorregulado/index.php?option=com_content&view=article&id=321&Itemid=409>. Acesso em: 19 nov. 2015.

BRASIL. ANATEL. **Telefonia Fixa - Acessos**. 2015. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&id=271>. Acesso em: 18 nov. 2015.

BRASIL. ANATEL. **Telefonia Móvel - Acessos**. 2015. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&id=283>. Acesso em: 18 nov. 2015.

CAIRNCROSS, Frances. **O fim das distâncias: como a revolução nas comunicações transformará nossas vidas**. São Paulo: Nobel, 2000.

CASAD, Joe; WILLSEY, Bob. **Aprenda em 24 horas TCP/IP**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

CISCO (Estados Unidos). **Cisco Small Business Analog Telephone Adapters Administration Guide**. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/csbpvga/ata/administration/guide/ATA_AG_v3_NC-WEB.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CISCO (Estados Unidos). **Internet Phone Adapter with 2 Ports for Voice-over-IP User Guide**. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/csbpvga/pap2t/administration/guide/pap2t_user.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CISCO (Estados Unidos). **Voice Gateway with Router Quick Installation**. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/csbpvga/spa3102/quick_start/guide/spa3102_quick.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

COLCHER, Sérgio et al. **VoIP: voz sobre IP**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

COMER, Douglas. **Interligação em rede com TCP/IP**. Rio de Janeiro: 1999. Elsevier, 2006.

DIGIUM (Estados Unidos). **8 Port Analog Cards**. Disponível em: <<https://www.digium.com/products/telephony-cards/analog/8-port>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

DIGIVOICE (Brasil). **VB0404-FX PCI**. Disponível em: <<http://www.digivoice.com.br/produtos/placa-cti-asterisk/vb0404fx>>. Acesso em: 06 jun. 2016

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

GONÇALVEZ, Flávio Eduardo de Andrade. **Asterisk Guia de Configuração: Como construir e configurar um PABX com Software Livre**. Florianópolis: Voffice, 2006.

GRANDSTREAM (Estados Unidos). **GXW4004/4008**. Disponível em: <<http://www.grandstream.com/products/gateways-and-atas/analog-voip-gateways/product/gxw4004/4008>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

HELD, Gilbert. **Comunicação de dados**. 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

INTELBRAS (Brasil). **Terminal IP - TIP 100 PoE**. Disponível em: <<http://www.intelbras.com.br/empresarial/telefonia/telefones-para-pabx/ip/tip-100-poe>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. **Sistemas telefônicos**. Barueri, SP: Manole, 2004.

KHOMP (Brasil). **EBS-GSM**. Disponível em: <<http://www.khomp.com/pt/produto/ebs-gsm/>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

KHOMP (Brasil). **KGSM – 40**. Disponível em: <<http://www.khomp.com/pt/produto/kgsm-40/>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 5. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2010.

LIMA JÚNIOR, Almir Wirth. **Tecnologias de redes & comunicação de dados**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2002.

LOURENÇO, Rogério Baptista. **Protocolos VOIP para Redes Convergentes**. 2007. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Telecomunicações, Centro Tecnológico, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007. Disponível em: <[http://www.bdt.d.ndc.uff.br/tde_arquivos/38/TDE-2008-02-28T191933Z-1335/Publico/Protocolos VoIP para Redes Convergentes_v8.pdf](http://www.bdt.d.ndc.uff.br/tde_arquivos/38/TDE-2008-02-28T191933Z-1335/Publico/Protocolos%20VoIP%20para%20Redes%20Convergentes_v8.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2015.

MAGRO, Júlio César. **Estudo da Qualidade de Voz em Redes IP**. 2005. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica., Departamento de Comunicações, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2005. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000365297&fd=y>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

MAHLER, Paul S. **VOIP Telephony with Asterisk**. San Francisco: Signate, 2005.

MEGGELEN, Jim van; SMITH, Jared; MADSEN, Leif. **Asterisk: o futuro do telefone**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2005.

MONTEIRO, Tânia Lúcia. **Solução de Telefonia IP em uma Rede Corporativa**. 2012. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Departamento de Informática e Estatística - Ine, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86075/193471.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

PETERSON, Larry L; DAVIE, Bruce S. **Redes de computadores: uma abordagem de sistemas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PINHEIRO, Paulo Ricardo Guedes. **Ciclos Evolutivos das Telecomunicações**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialciclos/>>, 2004. Acesso em: 29 outubro 2015.

RAMBALDUCCI, Priscila Stawski. **Telefonia IP: Vantagens e Desvantagens do Uso no Universo Empresarial**. Disponível em:
<<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelefoniaip/>>. Acesso em: 04 maio 2013.

REDE NACIONAL DE PESQUISA (Brasil). **Fone@RNP**. Disponível em:
<<http://www.rnp.br/servicos/servicos-avancados/fonernp>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

SERAFIM, Marcioní. **Uma Solução de Voz sobre IP de Baixo Custo para Ambientes Corporativos**. 2006. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.

SIPFOUNDRY (Estados Unidos). **SipXecs**. Disponível em: <<http://www.sipfoundry.org>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

SOARES NETO, Vicente et al. **Telecomunicações: convergência de redes e serviços**. São Paulo: Érica, 2003.

STALLINGS, William. **Redes e sistemas de comunicação de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005

STORCH, Rudolf A. **Fundamentos de telefonia**. São Paulo: EPU, 1982.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 5.ed Rio de Janeiro: Campus, 1997.

TRONCO, Tania Regina. **Redes de nova geração: a arquitetura de convergência do IP, telefonia e redes ópticas**. São Paulo: Érica, 2006.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – ARQUIVO DE CONFIGURAÇÃO SIP.CONF

```
[general]
```

```
;; ponto e vírgula são marcações para comentários
```

```
;;
```

```
;; algumas opções padrões e/ou comentadas em inglês são inseridas
```

```
;; por padrão na instalação e foram mantidas
```

```
context=normal
```

```
;opção padrão
```

```
allowoverlap=no ; Disable overlap dialing support. (Default is yes)
```

```
;allowoverlap=yes ; Enable RFC3578 overlap dialing support.
```

```
; Can use the Incomplete application to collect the
```

```
; needed digits from an ambiguous dialplan match.
```

```
;udpbindaddr=0.0.0.0
```

```
; IP address to bind UDP listen socket to (0.0.0.0 binds to all)
```

```
; Optionally add a port number, 192.168.1.1:5062 (default is port 5060)
```

```
;; definição da porta UDP 61000 para responder a requisições SIP
```

```
udpbindaddr=0.0.0.0:61000
```

```
;tcp desativado
```

```
;opção padrão
```

```
srvlookup=yes ; Enable DNS SRV lookups on outbound calls
```

```
; Note: Asterisk only uses the first host
```

```
; in SRV records
```

```
; Disabling DNS SRV lookups disables the
```

```
; ability to place SIP calls based on domain
```

```
; names to some other SIP users on the Internet
```

```
; Specifying a port in a SIP peer definition or
```

```
; when dialing outbound calls will suppress SRV
```

```
; lookups for that peer or call.
```

```
preferred_codec_only=no
```

```
; Respond to a SIP invite with the single most preferred codec
```

```
; rather than advertising all joint codec capabilities. This
```

```
; limits the other side's codec choice to exactly what we prefer.
```

```
disallow=all ; First disallow all codecs
```

```
allow=ilbc ; Allow codecs in order of preference
```

```
allow=gsm
```

```
allow=alaw
```

```
allow=ulaw
```

```
language=pt_BR
```

```
dtmfmode=info
```

```
;; redes locais ou utilizadas para testes
```

```
localnet=10.0.0.0/255.0.0.0
```

```
localnet=10.100.120.0/255.255.248.0
```

```
localnet=172.16.0.0/255.255.255.0
```

```
;; nem todos os ramais SIP estão sob o mesmo barramento de rede
```

```
;; então nat=yes e directmedia=no
```

```
nat=yes
```

```
directmedia=no          ; Asterisk by default tries to redirect the
                        ; RTP media stream to go directly from
                        ; the caller to the callee. Some devices do not
                        ; support this (especially if one of them is behind a NAT).
                        ; The default setting is YES. If you have all clients
                        ; behind a NAT, or for some other reason want Asterisk to
                        ; stay in the audio path, you may want to turn this off.
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
;; definição do serviço SIP de consulta de operadora
```

```
;; é feito uma chamada sip com o número e sistema remoto
```

```
;; retorna com uma ID da operadora de telefone
```

```
[redirect]
```

```
type=peer
```

```
fromdomain=port.sippulse.com
```

```
host=port.sippulse.com
```

```
port=5060
```

```
defaultuser=usuario
```

```
;username=usuario
```

```
fromuser=usuario
```

```
secret=senha
```

```
context=from-redirect
```

```
insecure=invite,port
```

```
qualify=yes
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
;; inicio das definições dos ramais
```

```
;recepcao
```

```
[200]
```

```
type=friend
```

```
secret=senha
```

```
host=dynamic
```

context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

;vanusa

[201]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

;cidnei

[202]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

;lucia

[203]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

;chris

[204]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

;fernando

[205]

```

type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

```

```
;paula
```

```

[207]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

```

```
;andrei
```

```

[208]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

```

```
;rafael
```

```

[209]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes
callgroup=7
pickupgroup=7

```

```

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

```

```

;; definição do SIP do ramal que atuará como
;; tronco no PABX antigo na fábrica de Araranguá

```

```
;fabrica ararangua
```

```

[220]
type=friend
secret=senha
host=dynamic

```

```

context=total
qualify=300      ;; teste para a alta latência

;fabrica ararangua testes
[221]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; definição do SIP do aplicativo no smartphone

[250]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=300      ;; conectado ao wifi ou 3g -> alta latência
callgroup=7
pickupgroup=7

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;; definição do SIP do tronco do escritório central

;fixo escritorio
[pstn-es]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
canreinvite=no
context=entradalinhas
qualify=yes
;permit=10.100.120.0/255.255.248.0

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;fabrica turvo

[210]
type=friend
secret=senha
host=dynamic
context=total
qualify=yes

```



```
;;;;;;;;;
```

```
;;OI
```

```
exten => _55331.,1,NoOp("OI - 31")
exten => _55331.,2
,Dial(${GSMBRT1}/014${EXTEN:5},60,L(900000:300000:30000)) ;; 15min; 5min;
30s
;exten => _55331.,n(busy),Dial(${GSMBRT2}/014${EXTEN:5})
exten => _55331.,n,Hangup()
```

```
exten => _55335.,1,NoOp("OI - 35")
exten => _55335.,2
,Dial(${GSMBRT1}/014${EXTEN:5},60,L(900000:300000:30000)) ;; 15min; 5min;
30s
;exten => _55335.,n(busy),Dial(${GSMBRT2}/014${EXTEN:5})
exten => _55335.,n,Hangup()
```

```
exten => _55314.,1,NoOp("OI - 14")
exten => _55314.,2
,Dial(${GSMBRT1}/014${EXTEN:5},60,L(900000:300000:30000)) ;; 15min; 5min;
30s
;exten => _55314.,n(busy),Dial(${GSMBRT2}/014${EXTEN:5})
exten => _55314.,n,Hangup()
```

```
;;;;;;;;;
```

```
;;VIVO
```

```
exten => _55315.,1,NoOp("VIVO - 15")
exten => _55315.,2
,Dial(${GSMVIV1}/015${EXTEN:5},60,L(900000:300000:30000)) ;; 15min; 5min;
30s
;exten => _55315.,n(busy),Dial(${GSMVIV2}/015${EXTEN:5})
exten => _55315.,n,Hangup()
```

```
exten => _55320.,1,NoOp("VIVO - 20")
exten => _55320.,2
,Dial(${GSMVIV1}/015${EXTEN:5},60,L(900000:300000:30000)) ;; 15min; 5min;
30s
;exten => _55320.,n(busy),Dial(${GSMVIV2}/015${EXTEN:5})
exten => _55320.,n,Hangup()
```

```
;;;;;;;;;
```

```
;;CLARO
```

```
exten => _55321.,1,NoOp("CLARO - 21")
```



```

exten => s,n,Wait(1)
exten => s,n,Background(menu-principal-sf)
exten => s,n,Wait(1)
;exten => s,n,Background(menu-principal-sf)
;exten => s,n,Wait(2)
;exten => s,n,Background(menu-principal-sf)
exten => s,n,Background(embreve)
exten => s,n,Dial(SIP/200,15,tm)
exten => s,n,Dial(SIP/201,15,tm)
exten => s,n,Dial(SIP/207,15,tm)
exten => s,n,Dial(SIP/200&SIP/201&SIP/207,45,tm)
exten => s,n(busy),      Goto(menuat,s,2)
exten => s,n,Hangup()

;;;
exten => 1,1,NoOp("Contabilidade")
exten => 1,n,Background(menu-contabilidade)
exten => 1,n,Wait(2)
;exten => 1,n,Background(menu-contabilidade)
;exten => 1,n,Wait(2)
;exten => 1,n,Background(menu-contabilidade)
exten => 1,n,Background(embreve)
exten => 1,n,          Dial(SIP/207,45,tm)
exten => 1,n(busy),    Goto(menuat,s,2)
exten => 1,n,Hangup()

exten => 6,1,NoOp("Pessoal")
exten => 6,n,Background(embreve)
exten => 6,n,          Dial(SIP/207,30,tm)
exten => 6,n(busy),    Dial(SIP/209,30,tm)
exten => 6,n(busy),    Goto(menuat,s,2)
exten => 6,n,Hangup()

exten => 7,1,NoOp("Escrita/Ctb")
exten => 7,n,Background(embreve)
exten => 7,n,          Dial(SIP/204,30,tm)
exten => 7,n(busy),    Dial(SIP/203,30,tm)
exten => 7,n(busy),    Goto(menuat,s,2)
exten => 7,n,Hangup()

;;;
exten => 2,1,NoOp("Artefatos")
exten => 2,n,Background(menu-artefatos)
exten => 2,n,Wait(2)
;exten => 2,n,Background(menu-artefatos)
;exten => 2,n,Wait(2)
;exten => 2,n,Background(menu-artefatos)

```

```
exten => 2,n,Background(embreve)
exten => 2,n,          Dial(SIP/201,45,tm)
exten => 2,n(busy),   Goto(menuat,s,2)
exten => 2,n,Hangup()
```

```
exten => 8,1,NoOp("Financeiro")
exten => 8,n,Background(embreve)
exten => 8,n,          Dial(SIP/201,30,tm)
exten => 8,n(busy),   Dial(SIP/208,30,tm)
exten => 8,n(busy),   Goto(menuat,s,2)
exten => 8,n,Hangup()
```

```
exten => 9,1,NoOp("Compras")
exten => 9,n,Background(embreve)
exten => 9,n,          Dial(SIP/205,30,tm)
exten => 9,n(busy),   Dial(SIP/201,30,tm)
exten => 9,n(busy),   Goto(menuat,s,2)
exten => 9,n,Hangup()
```

;;;;

```
exten => 3,1,NoOp("Imobiliaria")
exten => 3,n,Background(menu-imobiliaria)
exten => 3,n,          Dial(SIP/201,30,tm)
exten => 3,n(busy),   Dial(SIP/202,30,tm)
exten => 3,n(busy),   Goto(menuat,s,2)
exten => 3,n,Hangup()
```

;;;;

```
exten => 5,1,NoOp("Repetir")
exten => 5,n,Wait(2)
exten => 5,n,Goto(menuat,s,2)
```

;;;;

```
exten => i,1,Playback(pbx-invalid)
exten => i,n,Wait(2)
exten => i,n,Goto(menuat,s,2)
```

APÊNDICE C – ARQUIVO DE CONFIGURAÇÃO RTP.CONF

[general]

; opção padrão

;rtpstart=10000

;rtpend=20000

; alterado para portas 61001 a 61999

rtpstart=61001

rtpend=61999

APÊNDICE D – ARQUIVO DE CONFIGURAÇÃO *KHOMP.CONF*

```
[globals]
```

```
;; opção para atender as chamadas de celular  
;; ou enviar para contexto que não atende e responde por SMS  
;context-gsm-call=entradas  
context-gsm-call=entradaslinhas  
  
;; padrão desativado com máscara  
; context-gsm-call = khomp-DD-CC  
  
;; nível do log a escolher  
;; (default = standard)  
; log-to-console = standard  
  
;; (default = standard)  
log-to-disk=diagnostic;; log-to-disk = standard
```

APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Este apêndice comenta alguns grupos de configurações dos equipamentos utilizados. São três modelos diferentes de ATA do mesmo fabricante e que possuem algumas características em comum. O manual da Cisco que engloba estes e mais dois modelos com as especificações completas e formas de configuração possui mais de 200 páginas.

Cisco SPA2102: 2 portas FXS com função roteador

Cisco SPA3102: 1 porta FXS e 1 porta FXO com função roteador

Cisco PAP2T: 2 portas FXS

As configurações são realizadas por uma interface de configuração http que possui dois modos de usuário selecionáveis através de links: *user* e *admin*. Cada um destes modos também possui opções básicas ou avançadas, selecionáveis através dos links *basic* ou *advanced*. Para configurar todos os recursos com o Asterisk deve-se selecionar *admin* e *advanced*.

- **Configuração de rede:**

- SPA2102/3102: apresentam a aba *Router* para informações e configuração da rede. Dentro dela existem a aba *Status*, que mostra as estatísticas de rede, e as abas *Wan Setup* e *Lan Setup* para configuração. Nestas duas é definido se este equipamento atuará como roteador ou em modo *bridge*.

The screenshot shows the Linksys configuration page for a phone adapter. The 'Wan Setup' tab is active, displaying the following settings:

- Internet Connection Settings:** Connection Type: Static IP
- Static IP Settings:**
 - Static IP: 172.16.0.145
 - Gateway: 172.16.0.250
 - NetMask: 255.255.255.0
- PPPoE Settings:**
 - PPPoE Login Name: [empty]
 - PPPoE Login Password: [empty]
 - PPPoE Service Name: [empty]
- Optional Settings:**
 - HostName: ata5
 - Domain: [empty]
 - Primary DNS: 172.16.0.250
 - Secondary DNS: 10.99.99.210

- PAP2T: apresenta a aba *System* para configuração da rede.

LINKSYS
A Division of Cisco Systems, Inc. Firmware Version: 3.1.15(LS)

Phone Adapter with 2 Ports for Voice-Over-IP PAP2

Voice | Info | **System** | SIP | Provisioning | Regional | Line 1 | Line 2 | User 1 | User 2

Advanced View (switch to basic view) User Login

System Configuration

Restricted Access Domains:

Enable Web Server: yes no Web Server Port:

Enable Web Admin Access: yes no Admin Passwd:

User Password:

Internet Connection Type

DHCP: yes no

Static IP: NetMask:

Gateway:

Optional Network Configuration

HostName: Domain:

Primary DNS: Secondary DNS:

- **Configurações regionais:** configurações para as portas FXS, tais como tons de discagem, tom de ocupado, formato de *ring* e outros. Entre as principais configurações está o ganho de volume do microfone e do alto-falante (*FXS Port Output Gain/FXS Port Input Gain*) e padrão para o identificador de chamadas (*Caller ID Method e Caller ID FSK Standard*).

- SPA2102/3102: acesso pela aba *Voice / Regional*.

LINKSYS
A Division of Cisco Systems, Inc. Linksys Phone Adapter Configuration

Router | **Voice**

Info | System | SIP | Provisioning | **Regional** | Line 1 | PSTN Line | User 1 | PSTN User | [User Login](#) | [basic](#) | [advanced](#)

Call Progress Tones

Dial Tone:	350@-19,440@-19;10(*0/1+2)
Second Dial Tone:	420@-19,520@-19;10(*0/1+2)
Outside Dial Tone:	420@-16;10(*0/1)
Prompt Tone:	520@-19,620@-19;10(*0/1+2)
Busy Tone:	480@-19,620@-19;10(.5/.5/1+2)
Reorder Tone:	480@-19,620@-19;10(.25/.25/1+2)
Off Hook Warning Tone:	480@-10,620@0;10(.125/.125/1+2)
Ring Back Tone:	440@-19,480@-19;*2/4/1+2)
Ring Back 2 Tone:	440@-19,480@-19;*1/1/1+2)
Confirm Tone:	600@-16;1(.25/.25/1)
SIT1 Tone:	985@-16,1428@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.380/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT2 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.274/0/1,.274/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT3 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.380/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT4 Tone:	985@-16,1371@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.274/0/2,.380/0/3,0/4/0)

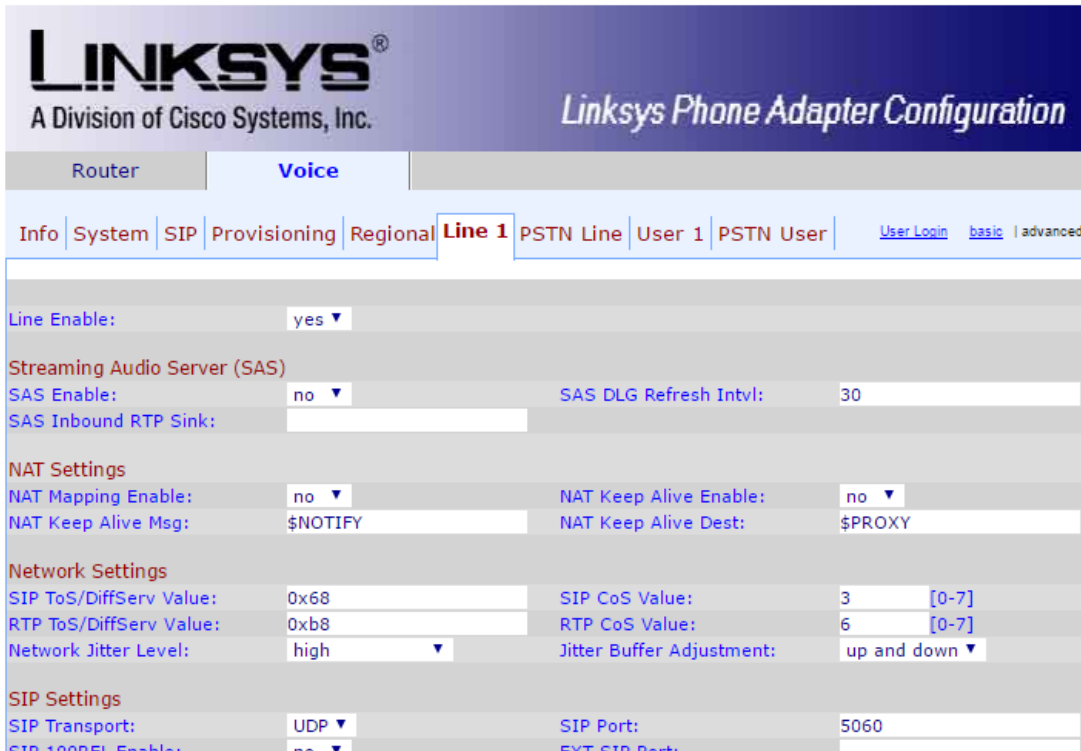
- PAP2T: acesso pela aba *Regional*.

The screenshot shows the Linksys web interface for a 'Phone Adapter with 2 Ports for Voice-Over-IP'. The 'Regional' tab is selected under the 'Voice' section. The page displays a table of call progress tones and their corresponding SIP URIs.

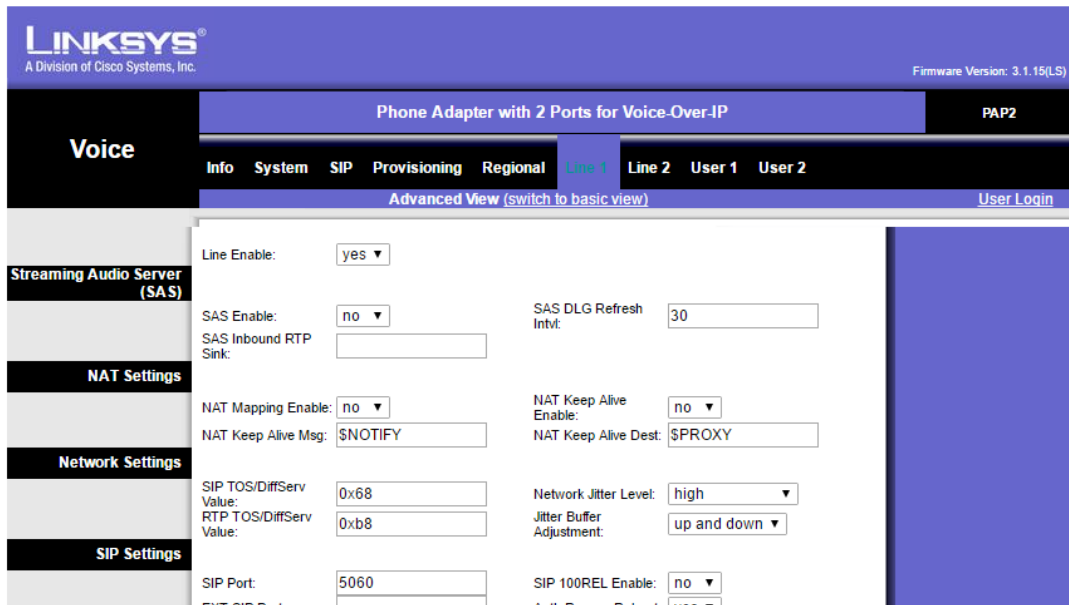
Call Progress Tone	SIP URI
Dial Tone:	350@-19,440@-19;10(*0/1+2)
Second Dial Tone:	420@-19,520@-19;10(*0/1+2)
Outside Dial Tone:	420@-16;10(*0/1)
Prompt Tone:	520@-19,620@-19;10(*0/1+2)
Busy Tone:	480@-19,620@-19;10(.5/5/1+2)
Reorder Tone:	480@-19,620@-19;10(.25/25/1+2)
Off Hook Warning Tone:	480@-10,620@0;10(.125/.125/1+2)
Ring Back Tone:	440@-19,480@-19;*(2/4/1+2)
Confirm Tone:	600@-16;1(.25/25/1)
SIT1 Tone:	985@-16,1428@-16,1777@-16;20(.380/0/1,,380/0/2,,380/0/
SIT2 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.274/0/1,,274/0/2,,380/0/
SIT3 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.380/0/1,,380/0/2,,380/0/

- **Configuração dos ramais:** definições individuais de cada porta FXS, como servidor SIP, usuário, senha, chamada em espera e outros recursos de ramal. Também é possível selecionar os *codecs* de áudio e forma de processamento dos dígitos do teclado nas ligações (*DTMF Tx Method*).
Um campo muito importante é o *Dial Plan*. Nele é definido o comportamento no momento em que o ramal está recebendo os dígitos de destino de uma ligação. Um *Dial Plan* bem definido faz com que o ramal processe o número discado imediatamente.
O *Dial Plan* do modelo SPA3102 permite a realização de chamadas SIP e chamadas diretas através da porta FXO sem passar pelo servidor SIP.
Nos modelos com função roteador, é possível ajustar configurações de QOS e *jitter* para priorização do tráfego de voz.

- SPA2102: acesso pela aba *Voice / Line 1 e Line 2.*
- SPA3102: acesso pela aba *Voice / Line 1.*



- PAP2T: acesso pela aba *Line 1 e Line2.*



- **Configurações PSTN:** configuração para as portas FXO, tais como servidor, usuário e senha SIP; forma de atendimento: local, direcionado ao servidor SIP ou com direcionamento baseado em *timeout*. Ajustes da linha de telefone fixo, como detecção de desconexão de chamadas, volume, tensão da linha, impedância e outros. Também pode ser configurado um plano de discagem local permitido em caso de falha de rede.

- SPA3102: acesso pela aba *Voice / PSTN Line*.

The screenshot displays the Linksys Phone Adapter Configuration web interface. The page title is "Linksys Phone Adapter Configuration" and it is a division of Cisco Systems, Inc. The navigation menu includes "Router", "Voice", "Info", "System", "SIP", "Provisioning", "Regional", "Line 1", "PSTN Line", "User 1", and "PSTN User". The "PSTN Line" tab is selected.

The configuration page is divided into several sections:

- Line Enable:** A dropdown menu set to "yes".
- NAT Settings:**
 - NAT Mapping Enable: no
 - NAT Keep Alive Enable: no
 - NAT Keep Alive Msg: \$NOTIFY
 - NAT Keep Alive Dest: \$PROXY
- Network Settings:**
 - SIP ToS/DiffServ Value: 0x68
 - SIP CoS Value: 3 [0-7]
 - RTP ToS/DiffServ Value: 0xb8
 - RTP CoS Value: 6 [0-7]
 - Network Jitter Level: medium
 - Jitter Buffer Adjustment: up and down
- SIP Settings:**
 - SIP Transport: UDP
 - SIP Port: 61000
 - SIP 100REL Enable: no
 - EXT SIP Port:
 - Auth Resync-Reboot: yes
 - SIP Proxy-Require:
 - SIP Remote-Party-ID: yes
 - SIP GUID: no
 - SIP Backup Option: none
 - PSTN Line Table: 0

APÊNDICE F – ARTIGO CIENTÍFICO

ESTUDO DE CASO DE MIGRAÇÃO DE SISTEMA DE TELEFONIA CONVENCIONAL PARA TELEFONIA IP UTILIZANDO SOFTWARE ASTERISK

Fábio Vieira Tomé¹, Rogério Antônio Casagrande²

¹ Acadêmico do curso de Ciência da Computação – Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) - Criciúma - SC

² Professor do curso de Ciência da Computação - Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) - Criciúma – SC.

fabiovtome@hotmail.com, roc@unesc.net

Abstract. *The current paper presents the switching of one conventional telephone system for IP telephony. A group of companies with different addresses was used to demonstrate the potential that the IP telephony can do. Several equipments were used for the integration of new extensions, unified use of landlines of different addresses and the use of various cell lines of different operators for centralized use. The cell lines were enabled with the identification system for called numbers. The use of IP telephony to replace the conventional PBX will unify the fixed and mobile telephony platforms, with appropriate use of lines and with significant cost reduction.*

Resumo. *O presente trabalho apresenta a migração de um sistema de telefonia convencional para telefonia IP. Um grupo de empresas com endereços diferentes foi utilizado para demonstrar a potencialidade que a telefonia IP pode gerar. Foram utilizados equipamentos para a integração de novos ramais, a utilização unificada dos telefones fixos dos diferentes endereços e a utilização de diversas linhas de celular de operadoras diferentes para utilização centralizada. As linhas de celular foram habilitadas com sistema de identificação do destinatário da ligação. A utilização da telefonia IP em substituição a centrais telefônicas convencionais privadas (PABX convencionais) fará com que se unifique a as plataformas fixa e móvel de telefonia, com utilização adequada e com significativa redução de custos.*

1. Introdução

O serviço telefônico convencional está dando lugar à modernização, integração de serviços e a convergência entre dois tipos fundamentalmente diferentes de tecnologia: voz e dados.

Não há nada de errado com o serviço telefônico convencional, seja na qualidade de voz, seja em sua confiabilidade. Mas a qualidade ou confiabilidade está cedendo a outras prioridades. A mudança de necessidades do mercado empresarial aponta para novas características e capacidades telefônicas. Isso contrasta com o cotidiano das operadoras telefônicas, que estão

se aproximando do ponto de não serem capazes de produzir um serviço único que atenda as todas as necessidades (JESZENSKY, 2004).

A utilização de serviços de transmissão de voz utilizando a internet é bastante comum nos dias de hoje. O serviço Voice Over Internet Protocol (VOIP) foi desenvolvido utilizando o crescimento, evolução e disponibilidade da Internet.

Segundo Colcher et al (2005), o VOIP é usado geralmente para se referir às técnicas de empacotamento e transmissão de amostras de voz sobre redes IP e aos mecanismos de sinalização necessários ao estabelecimento de chamadas telefônicas nessas redes.

Dentro desse cenário e aliado a necessidade de melhorar processos, integrar serviços e aumentar a produtividade em cada empresa, este trabalho apresenta uma análise da implantação de um serviço de telefonia utilizando a tecnologia VOIP.

Com um novo patamar atingido com a telefonia móvel e as possibilidades de comunicação por voz gratuita pela internet, através do VOIP, criou-se novas ferramentas e canais de comunicação.

A telefonia IP é a aplicação das tecnologias VOIP com o oferecimento de um serviço de qualidade similar ao da telefonia convencional.

A utilização da telefonia IP em substituição a centrais telefônicas convencionais privadas faz com que se unifique a as plataformas fixa e móvel de telefonia, com utilização adequada e com significativa redução de custos.

2. Cenário

Este trabalho foi projetado e executado em um grupo de quatro empresas que compartilham quatro endereços físicos e são do mesmo grupo empresarial.

Neste grupo de empresas há um escritório de contabilidade, uma imobiliária e uma empresa de artefatos de cimento que compartilham o mesmo endereço, a mesma infraestrutura de rede e mesma infraestrutura de telefonia. Este local é denominado como escritório central e fica localizado na cidade de Turvo/SC.

A empresa de artefatos de cimento, possui escritórios em mais dois endereços distintos onde além do atendimento comercial, é realizada a fabricação dos produtos, um deles sediado também em Turvo/SC e o outro sediado em Araranguá/SC.

A outra empresa é uma distribuidora de cosméticos, com sede em outro endereço em Turvo e que iniciou suas atividades comerciais há poucos meses com vendas para todo território nacional.

Cada um dos quatro endereços, possui apenas uma linha de telefone fixo, cada uma dessas linhas telefônicas sendo utilizada para originar e receber chamadas. Rotineiramente são realizadas ligações entre os escritórios da empresa, utilizando-as para comunicação interna, deixando ocupado as únicas linhas amplamente divulgada para clientes e fornecedores.

As empresas também possuem um plano empresarial de telefonia móvel com diversas linhas. A redução do custo deste plano empresarial é uma necessidade.

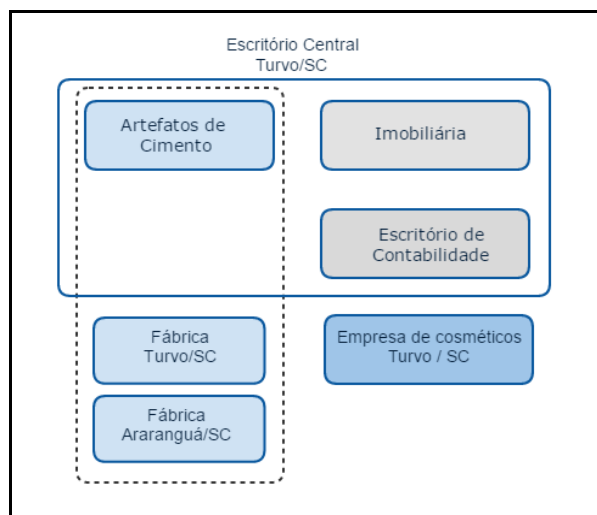


Figura 1. Grupo empresarial

O escritório de Araranguá/SC fica localizado longe do centro da cidade, onde atualmente o sinal das operadoras de celular é deficitário o que obriga diariamente a ser utilizada a linha de telefone fixo para comunicação, seja com clientes, fornecedores ou colaboradores da empresa, elevando consideravelmente o valor da fatura do telefone fixo.

Por fim, a recém-criada empresa de cosméticos irá demandar ligações para telefones fixos e celulares de todo o Brasil para atividade de vendas e pós-vendas. Desta demanda de ligações, as que serão efetuadas para outros códigos de área e para quaisquer operadoras não fazem parte do pacote de minutos dos planos dos telefones fixos e do plano móvel empresarial, o que poderá aumentar consideravelmente o custo telefônico mensal.

3. Metodologia

Para a realização desta migração, foi necessário a realização das seguintes etapas:

- a) analisar a atual infraestrutura de rede das empresas;
- b) identificar no sistema atual de telefonia das empresas: a quantidade de linhas de telefone fixo, a quantidade de linhas de telefone móvel que são utilizadas e a quantidade de ramais conectados ao PABX;
- c) instalação do servidor e configuração do software Asterisk;
- d) instalação e configuração das linhas de telefone fixo e telefone móvel no Asterisk;
- e) configuração do roteamento de chamadas baseado num plano de discagem com menor custo por ligação;
- f) instalação e configuração dos ramais telefônicos;
- g) testes de ligações entre os ramais e ligações para números fixos e convencionais usando a nova plataforma;
- i) acompanhamento e monitoramento da operacionalidade do sistema de telefonia IP.

4. Migração para telefonia IP utilizando software Asterisk

Após a análise da infraestrutura de rede e da identificação do sistema de telefonia de cada escritório das empresas, optou-se por instalar a central de telefonia IP no escritório central e os outros três endereços conectados via internet a essa central. A escolha do escritório central deve-se por onde existir melhor infraestrutura de rede e maior número de ramais telefônicos.

A central de telefonia IP será instalada em um computador com sistema operacional Linux com o software Asterisk. A escolha do Asterisk deve-se por ser um software livre que dispensa licença de uso, assim como o Linux; e por estes serem totalmente compatíveis com os equipamentos que estão disponibilizados para este estudo.

O Asterisk é um software livre de PABX de código aberto sob licença General Public License (GPL) que roda sobre o sistema operacional Linux. Ele combina as características de um PABX tradicional com a telefonia IP e novos recursos. É uma poderosa ferramenta para implantação e migração dos sistemas de PABX existente (GONÇALVEZ 2006).

4.1. Equipamentos utilizados

Para a instalação da central de telefonia foram utilizados os seguintes itens:

- a) computador com processador Pentium Dual-Core E5300 2.60Ghz, 1GB de memória RAM e disco rígido de 80GB;
- b) placa Voip Khomp GSM-40;
- c) 3 ATAs Cisco SPA3102;
- d) 4 ATAs Cisco PAP2T;
- e) 1 ATA Cisco SPA2102;
- f) softphone CouterPath Bria para iOS.

De acordo com Gonçalves (2006), Mahler (2005) e Meggelen (2005) e este computador possui a configuração adequada para a instalação do Linux com o Asterisk para a quantidade de ramais e canais de voz deste ambiente.

Os ATAs Cisco SPA3102 serão os equipamentos que farão a conexão do PABX IP com o STFC para conexão com a rede de telefonia fixa em 3 endereços físicos e a placa Voip Khomp GSM-40 fará a conexão com as redes de telefonia celular.

Os ATAs Cisco PAP2T, SPA2102 e também o SPA3102 serão os equipamentos que serão configurados como ramais.

4.2. Implantação da nova central

No computador foi instalado o Linux e posteriormente o Asterisk nativo da distribuição Ubuntu Server. No escritório central, os equipamentos foram fisicamente instalados próximos à central PABX antiga, para facilitar a migração e também a utilização da central antiga, no caso de falhas.

A configuração dos ramais, linhas de telefone fixo, linhas de celular e rotas de ligações foram todas realizadas através opções simples em arquivos texto de configuração do Asterisk.

A habilitação dos ramais nos equipamentos foi realizada através da interface de configuração de cada equipamento, com definição do número de cada ramal e endereço IP do servidor Asterisk. No caso dos ramais que ficam fora do escritório central, foi necessário alterar configurações no roteador da empresa para permitir o acesso externo.

5. Nova estrutura de telefonia

O novo PABX central deste grupo de empresas agora possui 13 ramais, 3 linhas de telefone fixo e 4 linhas de celular diretamente conectados.

Esta central IP possui 4 interfaces de telefonia GSM para conexão com a rede celular de 4 operadoras locais que serão utilizadas para originar chamadas com o menor custo, consultando um serviço online para identificação da operadora do número discado.

Na fábrica de Araranguá foi necessária uma instalação mista de telefonia IP com a telefonia convencional. A instabilidade constatada na rede deste local foi determinante para essa decisão.

O softphone CounterPath Bria será utilizado para criar um novo ramal móvel em um smartphone para conexão de um colaborador da empresa quando este estiver fora da empresa.

Na figura 2 pode ser observada a nova estrutura de telefonia, agora totalmente integrada, dos 4 escritórios da empresa.

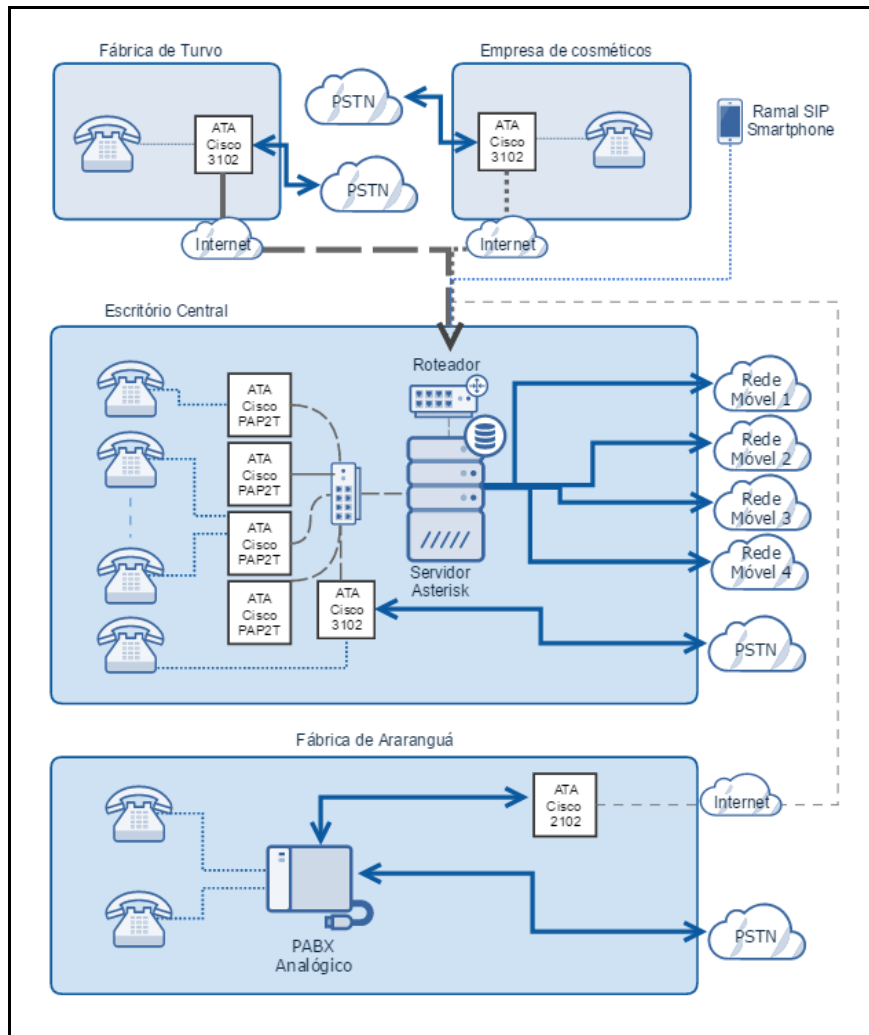


Figura 2. Novo sistema de telefonia das empresas

5.1. Problemas encontrados

A implantação deste sistema foi gradual e localizada. No escritório central foram necessários poucos ajustes pois toda a estrutura se manteve uma estrutura totalmente local.

O sinal da operadora Vivo foi em alguns momentos insuficiente para completar chamadas, pois a cobertura nesta região da cidade é razoável e em alguns locais mais específicos é fraco. Para solucionar este problema, foi substituído uma das antenas da placa Voip GSM-40 por outra com maior ganho e maior cabo de conexão.

Na empresa de cosméticos a utilização do ATA como roteador com QOS ativo permitiu o uso normal. Apenas uma alteração no plano de discagem foi necessária para que o sistema discasse corretamente para celulares de outras áreas geográficas.

Na fábrica do Turvo, que utiliza a rede do mesmo provedor de internet do escritório central não houve problemas relatados. Seu ATA também foi instalado e configurado com QOS.

O principal problema desta implantação ocorre na fábrica de Araranguá. A instabilidade da rede de internet e a alta latência foi determinante para a implantação parcial da telefonia IP. A

indisponibilidade da rede em alguns momentos pode interromper a conexão com a central IP, sendo necessária utilização tradicional das linhas telefônicas.

5.2. Contingência

Apesar das inúmeras vantagens e da redução iminente de custos, são vários locais onde estão instalados os equipamentos e a probabilidade de ocorrerem problemas pode variar.

No caso de falha de rede em algum dos pontos fora do escritório central, as ligações telefônicas poderão ser realizadas pela linha local conectada ao STFC. Os ATAs Cisco SPA3102 foram configurados para utilizarem automaticamente a linha local quando são desligados da tomada e também possuem um comando para acesso a linha local sem passar pelo Asterisk.

Na fábrica de Araranguá, por ter instabilidade ocasional da rede de internet, o PABX antigo está conectado ao Asterisk e ao STFC.

Um caso mais grave de falha geral no servidor Asterisk do escritório central, que não possa ser resolvido de imediato, tal como uma falha no hardware do servidor, há a possibilidade imediata de reativar o PABX antigo, visto que ele não foi retirado do local e os números e posições das conexões telefônicas foram mantidas.

E também no caso de falha do servidor Asterisk, como toda a infraestrutura dos ramais utiliza a arquitetura SIP, pode-se migrar as configurações dos equipamentos para outro servidor temporário executando Linux com Asterisk, no mesmo local ou da internet. Uma instância deste servidor Asterisk executando em algum servidor virtual pode ser rapidamente criada para ser utilizada.

5.3. Otimização e melhorias

O Asterisk é um poderoso PABX com grande capacidade e flexibilidade. Há disponibilidade da coleta dos dados das ligações para bilhetagem em banco de dados, com integração já nativa ao Asterisk. Essas informações podem ser úteis para análise dos destinatários e quantidade de chamadas, para planejamento de novas linhas ou ramais.

Para aumentar a disponibilidade dos canais de voz para originar ligações, há possibilidade de contratação de serviços VoIP para terminação de chamadas. Existem diversos fornecedores com valores variados, mas que não dependem de investimento em hardware, com pacotes de minutos ilimitados a preço fixo e pacotes com valor por minuto.

Na fábrica de Araranguá, após serem resolvidos os problemas de conectividade pode ser desativado totalmente o PABX analógico e instalado ATAs para ter uma completa integração ao Asterisk.

Uma interligação das redes dos 4 endereços físicos, além de resolver os problemas encontrados na fábrica de Araranguá, também pode ser útil para a escalabilidade desta central IP e otimizar a latência de rede entre o servidor Asterisk e os ramais não localizados no escritório central, otimizando a qualidade de voz.

6. Resultados obtidos

A comunicação unificada com os novos ramais fora do escritório central diminuiu a utilização das linhas telefônicas entre os pontos. Reduziu-se drasticamente a necessidade de interrupções nas chamadas recebidas ou originadas nas linhas de telefone fixo, para a realização de consultas simples aos ramais.

Houve também um aumento da disponibilidade telefônica sem a necessidade de aquisição de novas linhas com a integração de todos os troncos na mesma central. Por exemplo, no escritório central, onde há uma demanda maior por ligações, mesmo com a linha principal ocupada, há disponibilidade para receber e originar chamadas, seja pelas linhas celulares ou pelos troncos com o STFC localizados nos outros endereços.

O controle do consumo da conta telefônica é um dos maiores benefícios, pois o Asterisk efetua as ligações nas rotas de menor custo, utilizando as linhas de telefone fixo somente para ligações locais e as linhas celulares com ligações para celulares.

No período em que o novo sistema foi utilizado pelas empresas, no mês de maio de 2016, não foi possível obter o impacto real sobre as contas telefônicas, pois estas contas não foram faturadas pelas operadoras até a presente data.

6.1. Discussão dos resultados

A monografia de Marcioni Serafim, na Universidade do Extremo Sul Catarinense, demonstrou o potencial da utilização do Asterisk em uma implantação de teste, sem a substituição definitiva de um sistema já existente (SERAFIM 2006).

A dissertação de Tânia Lúcia Monteiro com o nome de “Solução de Telefonia IP em uma Rede Corporativa” na Universidade Federal de Santa Catarina para o mestrado em Ciência da Computação aborda a implantação real de um sistema de telefonia IP em um ambiente de maior porte, porém com a escolha de um conjunto de soluções de um fornecedor específico, sem a utilização do Asterisk (MONTEIRO 2012).

6.2. Custos relacionados

Os valores estimados dos equipamentos utilizados para a implementação deste sistema estão relacionados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores estimados dos equipamentos

Equipamento	Valor
Computador Pentium Dual-Core 2.60Ghz	R\$ 1.000,00
Placa Voip Khomp GSM-40	R\$ 4.700,00
ATAs Cisco SPA3102 (3 unidades)	R\$ 1.200,00

ATAs Cisco PAP2T (4 unidades)	R\$ 770,00
ATA Cisco SPA2102 (1 unidade)	R\$ 300,00
Softphone CouterPath Bria	R\$ 30,00
Total geral	R\$ 8.000,00

7. Conclusão

A implantação do software Asterisk, com a instalação de equipamentos de diversos fabricantes com protocolos padrões de mercado possibilitaram a substituição do sistema de telefonia convencional deste grupo de empresas para a telefonia IP. A nova central telefônica que foi instalada e configurada, possui recursos que somente PABXs com tecnologia proprietária e com custo altíssimo têm.

A utilização dos recursos telefônicos das empresas foi melhor organizada, com integração de diversos endereços físicos e com possibilidade de compartilhamento de linhas aumentando a disponibilidade telefônica, sem a necessidade de aquisição de novas linhas.

E a instalação de linhas móveis neste novo PABX para originar chamadas com identificação das operadoras de destino, possibilitou a comunicação com celulares integrada aos ramais com otimização de custos e liberdade de escolha das melhores ofertas de planos das operadoras de celular.

As empresas agora possuem um sistema de telefonia moderno, totalmente integrado e com modularidade.

Para um melhor aproveitamento deste ambiente, é necessário ter uma infraestrutura de rede estável, o que não foi possível se obter em um dos endereços onde foi realizado este trabalho. Também é necessário um acompanhamento técnico específico e mais capacitado para a obtenção de melhores resultados.

Para trabalhos futuros pode-se estudar os parâmetros de qualidade de voz sobre IP, que seria útil neste ambiente e em redes maiores ou outros ambientes com redes heterogêneas. Estudos sobre aspectos de segurança e *codecs* de áudio também ajudariam a aprimorar outras migrações deste mesmo tipo.

Referências

COLCHER, Sérgio et al. VoIP: voz sobre IP. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GONÇALVEZ, Flávio Eduardo de Andrade. Asterisk Guia de Configuração: Como construir e configurar um PABX com Software Livre. Florianópolis: Voffice, 2006.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. Sistemas telefônicos. Barueri, SP: Manole, 2004.

- MAHLER, Paul S. VOIP Telephony with Asterisk. San Francisco: Signate, 2005.
- MEGGELEN, Jim van; SMITH, Jared; MADSEN, Leif. Asterisk: o futuro do telefone. Rio de Janeiro: Alta Books, 2005.
- MONTEIRO, Tânia Lúcia. Solução de Telefonia IP em uma Rede Corporativa. 2012. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Departamento de Informática e Estatística - Ine, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86075/193471.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 nov. 2015.
- SERAFIM, Marcioni. Uma Solução de Voz sobre IP de Baixo Custo para Ambientes Corporativos. 2006. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.