

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

*ISRAEL QUINT DE SOUZA*

**A TECNOLOGIA DE TELEFONIA VOIP NO AMBIENTE CORPORATIVO:  
UM ESTUDO DE CASO NA CELESC**

FLORIANÓPOLIS (SC)  
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

*ISRAEL QUINT DE SOUZA*

**A TECNOLOGIA DE TELEFONIA VOIP NO AMBIENTE CORPORATIVO:  
UM ESTUDO DE CASO NA CELESC**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina, sob orientação do Prof. Mário de Souza Almeida, área de concentração: Organização, Sistemas e Métodos.

FLORIANÓPOLIS (SC)  
2005

*ISRAEL QUINT DE SOUZA*

**A TECNOLOGIA DE TELEFONIA VOIP NO AMBIENTE CORPORATIVO:  
UM ESTUDO DE CASO NA CELESC**

Este trabalho de Conclusão de Estágio foi julgado adequado e aprovado em sua forma final pela Coordenadoria de Estágios do Departamento de Ciências da Administração da Universidade Federal de Santa Catarina, em 13 de outubro de 2005.

Prof. Dr. Marcos Baptista Lopez Dalmau  
Coordenador de Estágios

Apresentada à Banca Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Mário de Souza Almeida  
(orientador)

Profª. Alessandra de Linhares Jacobsen  
(membro)

Prof. Felipe Zurita Quadros  
(membro)

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditaram e acreditam no meu sucesso; as pessoas que sempre estarão ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS:**

Agradeço primeiramente ao meu orientador Prof. Mário de Souza Almeida, pois me orientou com extrema dedicação em todas as vezes que foi solicitado e me deu a direção necessária para transformar o projeto de estágio no presente trabalho.

Aos meus amigos Aurea Lopes, Carla Guse, Fernando Pacheco, Renata Pacheco e Roberta Freitas, os quais contribuíram muito para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Por fim, aos meus colegas da CELESC, sem os quais não seria possível o desenvolvimento deste estudo.

*“Não palmilhe sempre o mesmo caminho, passando somente onde outros já passaram. Abandone ocasionalmente o caminho trilhado e embrenhe-se na mata. Certamente descobrirá coisas nunca vistas, insignificantes, mas não as ignore. Prossiga explorando tudo sobre elas; cada descoberta levará a outra. Antes do esperado, haverá algo que mereça reflexão”.*

*(Alexander Graham Bell)*

## RESUMO

SOUZA, I. Q. **A tecnologia de telefonia VOIP no ambiente corporativo: Um estudo de caso na CELESC.** 2005. (93f.). Trabalho de Conclusão de Estágio (Graduação em Administração). Curso de administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.  
(Orientador: Mário de Souza Almeida).

A tecnologia de telefonia VOIP começa a ser empregada no ambiente corporativo, mostrando-se vantajosa frente à telefonia tradicional ao proporcionar diversos benefícios para as organizações. Este trabalho visa identificar os benefícios que a aplicação dessa tecnologia pode proporcionar para a CELESC. A idéia se justifica devido à implementação de tal tecnologia na empresa, motivada pelo seu elevado grau de maturação, apresentando disponibilidade e confiabilidade iguais ou superiores às geradas pela tecnologia tradicional. Soma-se a isso a tendência de mercado da migração dos sistemas tradicionais para os sistemas baseados na nova tecnologia. Essa migração é impulsionada pela idéia de convergência dos serviços de voz, imagem e dados para uma única rede. Desta forma, seguindo os objetivos específicos do trabalho, a pesquisa tem início com a definição e apresentação do sistema de telefonia VOIP, da rede ethernet e do sistema de telefonia tradicional, onde é possível identificar a estrutura desses sistemas dentro da organização. Apresenta as vantagens e aplicações da tecnologia no ambiente corporativo, mostrando como a mesma pode se integrar às estruturas de rede ethernet e de telefonia da empresa. Destaca os ganhos financeiros e operacionais, proporcionados pela aplicação dos sistemas VOIP em substituição dos sistemas tradicionais. E para finalizar, nas considerações finais são resgatados os resultados do trabalho e são feitas sugestões de melhorias para a organização e de estudos futuros ligados ao tema. Esta pesquisa foi realizada através de um estudo de caso, o qual proporcionou a livre exploração dos dados e a sua descrição, confrontando-os com a fundamentação teórica pesquisada. A coleta de dados se deu através do levantamento bibliográfico, entrevista semi-estruturada e observação participativa. Os resultados da pesquisa apresentam que, nas aplicações possíveis dessa tecnologia na CELESC, são obtidos diversos ganhos financeiros e operacionais, os quais caracterizam-se como benefícios da sua aplicação e justificam a substituição gradativa do sistema de telefonia tradicional pelo sistema de telefonia VOIP.

Palavras-chave: telefonia VOIP, telefonia tradicional, rede ethernet.

## Lista de Figuras

Figura 1:	Sistema telefônico integrado: VOIP, telefonia IP e PSTN.....	17
Figura 2:	Processo de chamada através do protocolo H.323.....	22
Figura 3:	Processo de chamada através do protocolo SIP.....	24
Figura 4:	Aplicação do protocolo MGCP.....	25
Figura 5:	Quadro de comunicação UDP.....	26
Figura 6:	Rascunho da primeira rede ethernet.....	30
Figura 7:	Quadro ethernet.....	32
Figura 8:	Modelo OSI.....	32
Figura 9:	Comparativo entre modelo OSI e modelo TCP/IP.....	33
Figura 10:	Sistema Automático Strowger.....	35
Figura 11:	Comutação por circuitos.....	36
Figura 12:	Rede de telefonia pública comutada (PSTN) e sinalização SS7.....	38
Figura 13:	Topologia física da rede ethernet CELESC.....	60
Figura 14:	Atendimento a pequenas unidades da CELESC com telefonia VOIP.....	67
Figura 15:	Instalação de gateway VOIP na Agência Gaspar - Equipamentos.....	69
Figura 16:	Instalação de gateway VOIP na Agência Gaspar - Visão geral.....	70
Figura 17:	Instalação VOIP Almoxarifado de São Miguel D'Oeste - Equipamentos.....	71
Figura 18:	Instalação VOIP Almoxarifado de São Miguel D'Oeste - Visão geral.....	71

## Lista de Quadros

Quadro 1:	Recomendações de Codec do ITU-T.....	18
Quadro 2:	Sistema de Telefonia Corporativa da CELESC.....	64
Quadro 3:	Cálculo do tempo de retorno e da rentabilidade dos investimentos.....	82

## Lista de Siglas

ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CAS	Channel Associated Signaling
CCS	Common Channel Signaling
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DPAD	Departamento de Administração
DPTI	Departamento de Tecnologia da Informação
DVTE	Divisão de Telecomunicações
HTTP	Hipertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineer
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated System Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Sector
LAN	Local Area Network
MAC	Media Access Control
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MPLS	Multiprotocol Label switching
OSI	Open System Interconnect
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PAX	Private Automatic Exchange
PBX	Private Branch Exchange
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PSTN	Public switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RTP	Real-time Transport Protocol
RTCP	Real-Time Transport Control Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SS7	Common Channel Signaling System Number 7
STFC	Sistema de Telefonia Fixa Comutada
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol over Internet Protocol
TDM	Time-Division Multiplexing
TIR	Taxa Interna de Retorno
UDP	User Datagram Protocol
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTP	Unshielded Twisted Pair
VOIP	Voice over Internet Protocol
VPL	Valor Presente Líquido
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Contextualização do tema e apresentação do problema	11
1.2	Objetivos do trabalho	12
1.3	Justificativa e importância	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1	A tecnologia de telefonia VOIP	15
2.2	Componentes do sistema de telefonia VOIP	17
2.2.1	<u>Codec</u>	17
2.2.2	<u>Gateway de mídia</u>	18
2.2.3	<u>Gerenciador de chamadas</u>	19
2.2.4	<u>Rede IP</u>	20
2.2.5	<u>Telefone IP</u>	20
2.2.6	<u>Protocolos de comunicação</u>	21
2.2.6.1	<i>H.323</i>	21
2.2.6.2	<i>SIP</i>	23
2.2.6.3	<i>MGCP</i>	24
2.2.6.4	<i>RTP / RTCP</i>	25
2.2.6.5	<i>UDP</i>	26
2.3	Elementos que afetam a qualidade da telefonia VOIP	26
2.4	A rede ethernet	29
2.5	O Sistema Telefônico Tradicional	34
2.6	Vantagens da telefonia VOIP	39
2.7	Aplicações corporativas da telefonia VOIP	42
2.8	Análise de investimento	43
2.8.1	<u>Período de Recuperação do Investimento (Payback)</u>	44
2.8.2	<u>Valor Presente Líquido (VPL)</u>	44
2.8.3	<u>Taxa Interna de Retorno (TIR)</u>	45
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>47</b>
3.1	Caracterização da pesquisa	47
3.2	Tipo de pesquisa	48
3.3	Coleta de dados	49

<b>3.4 Análise de dados .....</b>	<b>50</b>
<b>3.5 Limitações da pesquisa .....</b>	<b>50</b>
<b>4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Caracterização da Empresa .....</b>	<b>52</b>
4.1.1 <u>Objetivos Organizacionais</u> .....	53
4.1.2 <u>Missão e Diretrizes</u> .....	53
4.1.3 <u>Estrutura da CELESC</u> .....	54
<b>4.2 A telefonia VOIP na CELESC .....</b>	<b>56</b>
<b>4.3 A rede ethernet .....</b>	<b>58</b>
<b>4.4 O sistema telefônico.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5 Aplicações da telefonia VOIP.....</b>	<b>65</b>
<b>4.6 Ganhos da aplicação da telefonia VOIP.....</b>	<b>75</b>
4.6.1 <u>Ganhos financeiros</u> .....	75
4.6.2 <u>Ganhos operacionais</u> .....	83
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>93</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do tema e apresentação do problema

Atualmente a telefonia mundial é baseada na comutação de circuitos, tecnologia que é de domínio de todas as operadoras de telefonia. Essa tecnologia é de extrema qualidade para o usuário, pois entrega ao mesmo um circuito dedicado de fim-a-fim. Isso significa que naquele momento o canal de voz é somente desse usuário e que nenhuma outra aplicação poderá utilizar esse circuito. Contudo, sabe-se que o custo dessa exclusividade é alto, pois a operadora precisa manter um túnel exclusivo dentro de seus equipamentos de telecomunicações para operacionalizar essa conversação.

As empresas, por sua vez, devido à grande disseminação das redes de computadores, motivada pela necessidade crescente de informações rápidas, precisas e confiáveis, estão contratando serviços ou montando *links* (conexões) próprios para interligação das mesmas entre as suas unidades. O acesso às informações que estão nas bases de dados dos computadores de uma corporação é visto como imprescindível ao desempenho das suas atividades, o que acarreta na melhoria contínua da disponibilidade e da confiabilidade dos sistemas computacionais e das redes que os interligam. Hoje a cobrança por disponibilidade de um sistema computacional é tão grande quanto a cobrança por disponibilidade de um sistema telefônico.

Com redes computacionais cada vez mais confiáveis e disponíveis ao alcance de toda a corporação, começa-se a pensar em integrar o serviço de voz, haja visto que a comunicação de dados não utiliza toda a capacidade da rede em todo o tempo, criando, assim, um grande potencial para aplicações como VOIP (*Voice over Internet Protocol*).

Essa é a chamada convergência IP (*Internet Protocol*), à qual se referem as empresas de telecomunicações do mercado e seus pesquisadores. Trata-se de integrar todos os serviços sobre uma mesma plataforma para maximização da utilização dos recursos. Voz, dados e vídeo passam a trafegar sobre uma mesma rede. A telefonia deixa de ser baseada na comutação por circuitos e passa a ser baseada na comutação por pacotes, que é a forma de funcionamento das redes de computadores. Essa comutação por pacotes do tráfego de voz concorre, então, com todo o tráfego da rede de computadores, ou seja, dados e vídeo.

A tecnologia VOIP, de início somente utilizada como aplicação de nível residencial, devido a sua grande deficiência em termos de disponibilidade e confiabilidade, evoluiu e

passa a ser interessante também para as corporações, que podem maximizar a utilização de seus recursos. As empresas não precisam mais ter uma rede de telefonia corporativa e uma rede de dados corporativa, independentes. Os serviços de transmissão de voz e dados passam a ser operacionalizados através de uma mesma plataforma, a rede ethernet, que é a rede de comunicação de pacotes mais utilizada atualmente.

Contudo, cada empresa possui características únicas de configuração das suas redes de telefonia e de dados. Características que podem propiciar ou não, em níveis variados, a implementação desses conceitos de convergência e maximização de recursos.

A empresa escolhida para a realização desse estudo de caso foi a CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A). Criada em dezembro de 1955 pelo decreto estadual nº 22, assinado pelo governador Irineu Bornhausen, a CELESC é uma empresa de economia mista onde o Estado detém 79,5% das ações ordinárias e 20% do capital total. A empresa é responsável pela distribuição de energia elétrica em Santa Catarina, atendendo a aproximadamente 1.900.000 consumidores. Como indústria de energia elétrica, no contexto de seu mercado, a CELESC gera em torno de 5% das necessidades deste mercado. O suprimento de energia ao mercado de Santa Catarina é proveniente da geração própria de 12 usinas e recebimento de outras concessionárias.

Diante deste contexto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: quais os benefícios que a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP pode proporcionar para a CELESC?

## 1.2 Objetivos do trabalho

Tendo em mente que o contexto do tema é a tecnologia de telefonia VOIP no ambiente corporativo, e que o problema de pesquisa procura identificar quais os benefícios que a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP pode proporcionar para a CELESC, definiu-se o seguinte objetivo geral para a pesquisa: identificar os benefícios que a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP pode proporcionar para a CELESC.

Para que o objetivo geral seja alcançado, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever o que é e como se apresenta a tecnologia de telefonia VOIP;
- b) Identificar as estruturas de telefonia e de rede ethernet da CELESC;
- c) Avaliar como a tecnologia de telefonia VOIP pode se integrar a essas estruturas;
- d) Apresentar os ganhos financeiros e operacionais da aplicação da tecnologia VOIP.

### 1.3 Justificativa e importância

No contexto apresentado, a tecnologia de telefonia VOIP encontra-se num estágio de maturação avançado, mostrando ser capaz de funcionar com a disponibilidade e confiabilidade requeridas no ambiente corporativo.

As redes computacionais, devido à exigência dos seus usuários, estão se tornando disponíveis e confiáveis a ponto de suportar a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP.

Paralelamente a isso, a capilaridade da rede ethernet dentro das corporações atingiu um nível significativo. Nas empresas praticamente todas as suas unidades estão interconectadas através de uma rede ethernet. Isso faz com que praticamente todos dentro da corporação tenham acesso a uma rede ethernet de abrangência corporativa.

Nessas unidades onde a rede ethernet já se faz presente, para ampliar a planta de telefonia corporativa não é necessária a instalação de uma rede de telefonia comutada, bastando aplicar a tecnologia de telefonia VOIP sobre a rede existente, fazendo os ajustes que se mostrarem necessários.

Atualmente as empresas precisam maximizar a utilização dos seus recursos. A existência de uma rede de telefonia e de uma rede de dados paralelas implica na necessidade de investimentos maiores na contratação de serviços de operadoras ou no investimento maior em equipamentos de transmissão de telecomunicações próprios. Também acarreta a necessidade de equipes de instalação e manutenção não integradas e com conhecimentos totalmente distintos. Integrando os serviços de voz e dados, as empresas ganham com a redução da quantidade de *links* de interconexão, sejam eles contratados ou próprios, pois passa a contar com uma rede única e, também, com a integração das equipes de instalação e manutenção.

O tema se apresentou no momento oportuno para a realização deste trabalho de conclusão de estágio, por ser aplicável à realidade da CELESC, empresa na qual o pesquisador trabalha, e pelo seu acesso às informações de cunho técnico dos sistemas de tecnologia da informação e de telecomunicações da empresa.

Esse trabalho se justifica quanto à originalidade, pois até o momento não existe outro estudo sobre o assunto na CELESC. Assim, o mesmo abre as portas para o desenvolvimento de outros estudos relacionados ao tema e para a entrada de uma nova tecnologia que poderá, além de reduzir os custos de implantação e manutenção da planta de telefonia, contribuir para a comunicação de seus colaboradores.

Por fim, para a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), o presente trabalho se faz de suma importância, por apresentar um assunto pertinente ligado à área de tecnologia da informação, aplicável ao mundo corporativo e que se revela como a tecnologia de telefonia que poderá basear a comunicação por voz em todas as empresas no médio prazo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A tecnologia de telefonia VOIP

Não existem informações detalhadas sobre o momento certo do desenvolvimento da tecnologia de telefonia VOIP. De acordo com Varshney et. al. (2002), a idéia de VOIP vem sendo discutida desde o início dos anos 70, década na qual a tecnologia foi desenvolvida. Entretanto, essa tecnologia não se estabeleceu comercialmente até meados dos anos 90, isso porque até então a infra-estrutura de redes IP era muito pequena e, ademais, a qualidade das ligações era péssima se comparada à qualidade das ligações feitas a partir da telefonia comutada por circuitos. Varshney et. al. (2002) dizem que o primeiro produto comercial de telefonia VOIP foi apresentado em 1995 pela empresa Vocaltec. Para eles, esse produto requeria que os dois participantes da conversa estivessem em PCs (*Personal Computers*) com *softwares* proprietários e não permitia a integração ao sistema tradicional de telefonia comutada. Era, de fato, ainda muito rudimentar.

Com a expansão das redes de computadores e a padronização das mesmas com a topologia lógica de rede ethernet, fortaleceu-se a idéia de transmitir voz através dessas redes e, conseqüentemente, os estudos para aperfeiçoamento da tecnologia foram estimulados. Segundo Damovo (2005), o primeiro PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) totalmente IP foi colocado no mercado em 1999, o qual suportava todas as funcionalidades da telefonia tradicional e estava totalmente integrado à rede IP.

Para CISCO (2005), VOIP significa o transporte da voz sob uma infra-estrutura IP. Esta infra-estrutura pode ser LAN (*Local Area Network*) ou WAN (*Wide Area Network*). Segundo ela, geralmente, quando se menciona VOIP, fala-se da integração do PABX com um gateway, equipamento que faz a conversão da voz tradicional para voz sobre IP. Este conceito é um pouco diferente da Telefonia IP, em que não há mais a figura do PABX e os próprios telefones já fazem a conversão para VOIP.

Visão semelhante é compartilhada por Bernal Filho (2003, p.2) ao dizer que “a comunicação de voz em redes IP, chamada de VOIP, consiste no uso das redes de dados que utilizam o conjunto de protocolos das redes IP (TCP/UDP/IP) para a transmissão de sinais de voz em tempo real na forma de pacotes de dados”. O autor ainda destaca que “a sua evolução natural levou ao aparecimento da Telefonia IP, que consiste no fornecimento de serviços de

telefonia utilizando a rede IP para o estabelecimento de chamadas e comunicação de voz” (ibidem).

Nota-se, então, que o conceito de telefonia VOIP é simples e bem disseminado, e os autores levam a uma diferenciação entre VOIP e telefonia IP. Essa diferenciação se faz interessante, pois a VOIP se caracteriza por transportar os recursos da telefonia por comutação de circuitos, a PSTN (*Public Switched Telephone Network*), através da rede IP, enquanto a telefonia IP não apresenta limitações para integração com os sistemas computacionais e o desenvolvimento de novas aplicações.

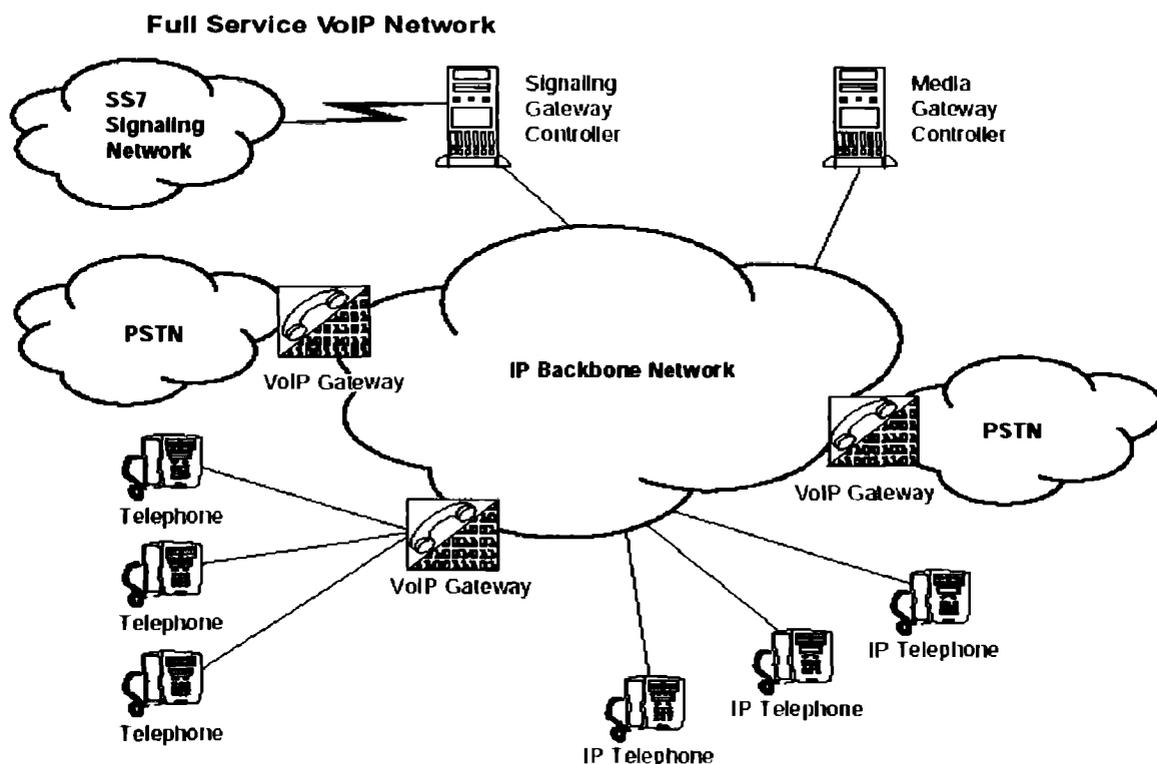
A telefonia VOIP é, portanto, a tecnologia de comutação por pacotes que utiliza uma rede IP. Essa tecnologia deve ser capaz de suportar, pelo menos, os recursos da tecnologia PSTN, disponibilizando ao usuário todos os recursos dos sistemas telefônicos tradicionais; caso contrário, seria um processo de involução dos serviços de telecomunicações. Ela pode se apresentar com uma tecnologia integradora dos sistemas de telefonia tradicional à rede IP, através da VOIP, ou se apresentar como um sistema totalmente baseado em IP, que se define por telefonia IP.

Porém, a mudança do sistema de telefonia tradicional para um sistema totalmente IP não deve acontecer numa velocidade muito grande. Isso porque:

a telefonia IP definida pelo uso de uma rede IP para o transporte de serviços de telecomunicações, ainda é um mundo distante para as *incumbents*, empresas de base do sistema telefônico nacional, que investiram bilhões em suas redes tradicionais e não pensam em transformá-las em IP antes que esses investimentos sejam amortizados (FONSECA, 2003, p.12).

Assim, não seria interessante, do ponto de vista econômico, abandonar todo o investimento já realizado, mesmo porque, a sua qualidade é muito alta. Segundo Walker e Hicks (apud MANIEZI, 2003), com o desenvolvimento do conhecimento e experiência sobre as redes PSTN, o nível de qualidade das mesmas é denominado de “cinco-noves”, o que significa que essas redes devem estar disponíveis e funcionais para 99,999% do tempo. A solução mais sensata é, enfim, aproveitar a infra-estrutura de comutação por circuitos existente e integrá-la a uma solução mista de telefonia. Nessa solução mista de telefonia vão figurar os sistemas VOIP e de telefonia IP.

A figura 1 mostra com detalhes um sistema de telefônico, onde é possível ver a telefonia IP, a VOIP e a PSTN.



**Figura 1 – Sistema telefônico integrado: VOIP, telefonia IP e PSTN**  
 Fonte: Adaptado de Juniper (2005)

## 2.2 Componentes do sistema de telefonia VOIP

O sistema de telefonia VOIP possui alguns componentes sem os quais não seria possível o seu funcionamento. Esses componentes possuem funções específicas e cabe ressaltar o que fazem e a sua importância para o sistema.

### 2.2.1 Codec

O sistema telefônico se caracteriza por transportar a voz de seus participantes da pessoa que está falando para o seu ouvinte. A voz é uma forma de onda analógica e precisa ser codificada para ser transportada por um sistema digital de comunicação. No seu destino essa informação digital é decodificada para voltar a ser uma forma de onda analógica.

Segundo a empresa Juniper (2005), o Codec (codificador / decodificador) é o conjunto formado por *hardware* e *software* capazes de converter uma forma de onda analógica numa informação digital. Assim, o codec é o responsável por transformar os sinais de voz para que os mesmos possam ser transmitidos pela rede IP como pacotes de informação distribuídos no tempo.

De acordo com Bernal Filho (2003), o Codec possui também a função de comprimir as informações digitais geradas. Segundo o autor, nos sistema de transmissão de Voz sobre IP, onde a demanda por banda é crítica, torna-se necessário utilizar também algoritmos de compressão do sinal de Voz.

A necessidade de codificação e decodificação da voz, bem como a de comprimir a informação digital gerada, incentivou o desenvolvimento de algumas tecnologias de Codec, as quais foram registradas através de recomendações do ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecommunication Sector*), apresentadas no quadro 1.

Recomendação ITU-T	Algoritmo	Bit rate (kbit/s)	Atraso típico fim-a-fim (ms)	Qualidade de Voz
G.711	PCM	48; 56; 64	<<1	Excelente
G.722	Sub-banda ADPCM	48; 56; 64	<<2	Boa
G.723.1	ACELP MP-MLQ	5,3 6,3	67-97	Razoável Boa
G.726	ADPCM	16; 24; 32; 40	60	Boa (40). Razoável (24)
G.727	AEDPCM	16; 24; 32; 40	60	Boa (40). Razoável (24)
G.728	LD-CELP	16	<<2	Boa
G.729	CS-AC LP	8	25-35	Boa
G.729 Anexo A	CS-ACELP	8	25-35	Boa

**Quadro 1 – Recomendações de Codec do ITU-T**

Fonte: Adaptado de Bernal Filho (2003)

### 2.2.2 Gateway de mídia

Para Bernal Filho (2003, p.3), o gateway de mídia “é o equipamento responsável pela interoperabilidade entre a rede IP e o STFC (e/ou sistemas de telefonia móvel). Ele executa a conversão de mídia em tempo real (Voz analógica x Voz digital comprimida) e a conversão de sinalização para as chamadas telefônicas”. Entende-se STFC como Sistema de Telefonia Fixa Comutada, o qual juntamente com os sistemas de telefonia móvel compõe a rede PSTN.

Juniper (2005) apresenta que os gateways de mídia são responsáveis pela origem das chamadas, pela detecção de chamadas, pela conversão analógica para digital da voz e, finalmente, pela criação de pacotes, ou seja, a função de codec.

O gateway de mídia é, portanto, o equipamento que faz a interface a partir da qual a voz poderá ser transportada sobre uma rede IP. Para Juniper (2005), a conversação telefônica passa a ser, através do gateway de mídia, uma simples seção IP, transportada pelo RTP (*Real-time Transfer Protocol*), através do protocolo UDP (*User Datagram Protocol*).

Para uma melhor visualização, o gateway de mídia é apresentado na figura 1 como *VOIP Gateway*.

### 2.2.3 Gerenciador de chamadas

De acordo com Bernal Filho (2003), este é o equipamento que tem a função de gerenciar as chamadas telefônicas. Ele implementa as funções de *Gatekeeper*, responsável pelo gerenciando os elementos que fazem parte do sistema VOIP, e gerencia as chamadas, fornecendo serviços de tradução de endereçamento IP e de controle dos gateways.

Ainda de acordo com Bernal Filho (2003), ele pode ser implementado através de equipamentos redundantes e *backups* em locais distintos. Normalmente existe um equipamento principal no escritório matriz (redundante e com *backup* em outro escritório), que mantém a configuração de toda a rede, e equipamentos secundários nos outros escritórios, que conhecem apenas suas redes internas. As chamadas que envolvam escritórios distintos necessariamente envolvem o equipamento principal localizado na matriz. Isso acarreta uma maior confiabilidade para o sistema VOIP, já que o gerenciador de chamadas é o núcleo desse sistema e sem ele os gateways e os telefones IP não seriam capazes de fazer a conexão das chamadas.

Para Juniper (2005), o gerenciador de chamadas é responsável pela sinalização e pelo controle de serviços que coordenam as funções dos gateways. Ele pode ser considerado similar ao *gatekeeper*, utilizado pelo protocolo H.323, que será apresentado neste trabalho. Juniper (2005) destaca, também, que o gerenciador de chamadas é responsável pela sinalização das chamadas, tradução dos números telefônicos, localização de domínios, gerenciamento dos recursos e ainda apresenta-se como gateway de sinalização para os serviços do PSTN.

Esses equipamentos, dependendo do porte do sistema a ser implementado, podem ser divididos em *Mídia Gateway Controller*, que faz o gerenciamento dos gateways de mídia e dos telefones IP e em *Signaling gateway controller*, que faz a sinalização para os serviços PSTN.

O gerenciador de chamadas pode ser visto na figura 1 ao fazer as funções do *Signaling gateway controller* e do *Mídia Gateway Controller*; funções apresentadas em separado para melhor detalhamento.

#### 2.2.4 Rede IP

Bernal Filho (2003) afirma que a rede IP “é a rede de dados que utiliza os protocolos TCP/IP. Sua função básica é transportar e rotear os pacotes de dados entre os diversos elementos conectados à rede. Conforme o seu porte, pode ter um ou mais segmentos de rede”.

Cabe destacar que o protocolo a ser utilizado é o protocolo UDP, o qual é mais adequado à operacionalização dos serviços VOIP devido as suas características de funcionamento, conforme será apresentado posteriormente.

Para Juniper (2005), a rede IP pode ser vista como um comutador lógico, que funciona de forma distribuída, formando uma simples malha de comutação. A rede IP provê a conexão entre os elementos conectados a ela de forma distribuída.

Essa rede pode funcionar sobre a topologia lógica de rede ethernet, a qual vem sendo adotada em todo o mundo como uma topologia padrão para o ambiente corporativo.

A rede IP é, portanto, a base para o funcionamento do sistema de telefonia VOIP, pois se caracteriza como o meio de transmissão para a comunicação de voz baseada na comutação por pacotes. É a estrutura à qual são conectados os demais componentes do sistema VOIP, possibilitando a sua comunicação.

#### 2.2.5 Telefone IP

O aparelho telefônico utilizado nas redes de telefonia IP é o telefone IP. Bernal Filho define o telefone IP da seguinte forma:

é o telefone preparado para a comunicação de Voz em redes IP. Tem todas as funcionalidades e protocolos necessários instalados para suportar comunicação bidirecional de Voz em tempo real e a sinalização de chamadas. As funcionalidades adicionais integradas dependem da finalidade e do custo do terminal. (BERNAL FILHO, 2003, p.3)

O telefone IP é, portanto, o equipamento capaz que fazer as funções antes vistas como do gateway de mídia, eliminando a rede de telefonia tradicional e, por sua vez, possibilitando disponibilizar no aparelho todos os recursos da rede IP. A eliminação da necessidade da rede

de telefonia tradicional é alcançada, pois esse equipamento é conectado diretamente na rede IP.

O telefone IP é apresentado na figura 1 como *IP Telephone*. Nessa figura pode-se observar que esse equipamento não precisa de um gateway para se conectar a rede IP; o aparelho é conectado diretamente à mesma, fazendo as funções e disponibilizando os recursos acima mencionados.

### 2.2.6 Protocolos de comunicação

Os protocolos são, segundo Recitronic (2005, p.1), “instruções padronizadas que governam a formação e a temporização relativa de intercâmbio de mensagens entre dois sistemas de comunicação”. Eles são utilizados para possibilitar uma conversação entre os equipamentos de um sistema. Os protocolos são as linguagens de comunicação, utilizadas para que os equipamentos de um sistema transmitam as informações de forma correta.

Bernal Filho (2003, p.2) afirma que “o transporte de Voz sobre o protocolo IP levou ao desenvolvimento de um conjunto de novos protocolos para viabilizar a comunicação com as mesmas características das redes tradicionais”.

O autor destaca que estes novos protocolos funcionam como aplicações específicas sobre o protocolo IP para prover comunicação em tempo real e sinalização de chamadas para as aplicações de voz. Observa-se aqui uma distinção entre protocolo de transporte e de rede, e protocolo de sinalização. Esses protocolos, sejam de transporte ou sinalização, são executados por máquinas existentes nas redes IP (roteadores, switches) e pelos elementos funcionais que complementam a arquitetura dos sistemas de Telefonia IP.

#### 2.2.6.1 H.323

Para Bernal Filho (2003, p.4), “o padrão H.323 é um conjunto de protocolos verticalizados para sinalização e controle da comunicação entre terminais que suportam aplicações de áudio (Voz), vídeo ou comunicação de dados multimídia.”

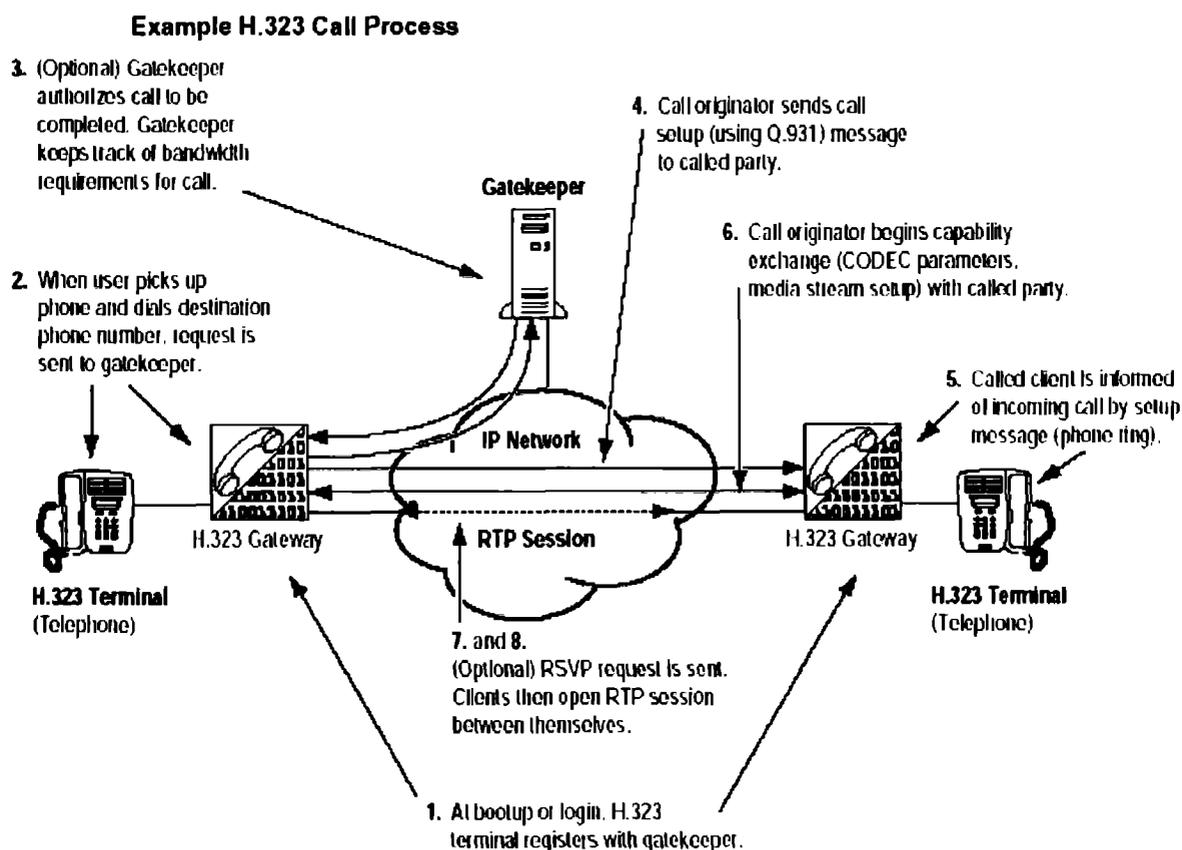
De acordo com Arora (1999), o H.323 é uma recomendação do ITU-T que define padrões para comunicação multimídia através de redes que não oferecem Qualidade de Serviço (QoS) garantida, como é o caso das redes do tipo LAN, IP e Internet.

Ainda segundo Arora (1999), esse padrão foi desenvolvido originalmente para conferências sobre redes locais e posteriormente estendido para aplicações de voz sobre IP, suportando conversações ponto-a-ponto e ponto-multiponto (teleconferências).

Karim (1999) complementa que o H.323, além das conversações ponto-a-ponto e ponto-multiponto, possibilita a operação integrada com outras redes (PSTN, ISDN e ATM), o gerenciamento e o controle de chamadas e, por fim, segurança nas conversações (autenticação, integridade e privacidade).

O fato de ser uma recomendação internacional desenvolvida pelo ITU-T, tornou o H.323 o padrão mais utilizado atualmente. Isso possibilita, em teoria, a integração dos diversos equipamentos existentes no mercado que a seguem. A empresa Ericsson, uma das maiores desenvolvedoras de sistemas de telefonia, utiliza esse padrão. Entretanto, existem grandes empresas que utilizam padrões proprietários, como é o caso da CISCO, não possibilitando a integração com equipamentos de outros fornecedores.

Na figura 2 pode-se observar o processo de realização de uma ligação telefônica, através do protocolo H.323.



**Figura 2 – Processo de chamada através do protocolo H.323**  
 Fonte: Adaptado de Juniper (2005)

O processo apresentado na figura 2, estabelece diversos passos para a realização de uma chamada telefônica. Nesse processo, os terminais H.323 são primeiramente registrados no gatekeeper. O usuário, então, retira o telefone do gancho e disca um número telefônico de destino, enviando uma requisição para o gatekeeper. O gatekeeper autoriza que a ligação seja completada e define a banda a ser utilizada para conexão entre os terminais H.323. Depois, o terminal que está originando a ligação, envia uma mensagem de sinalização da chamada (usando Q.931) para as partes. Assim, o cliente chamado é informado pela sinalização de chamada que existe uma ligação chegando e toca o ring. Com isso, o terminal que está originando a chamada inicia a troca das configurações (Parâmetros de Codec e configurações de mídia) a serem utilizados entre as partes. E, finalmente, os clientes da chamada abrem uma seção RTP e a ligação é completada.

#### 2.2.6.2 SIP

De acordo com Bernal Filho (2003, p.4),

o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), definido através da recomendação RFC 2543 do IETF (*Internet Engineering Task Force*), estabelece o padrão de sinalização e controle para chamadas entre terminais que não utilizam o padrão H.323, e possui os seus próprios mecanismos de segurança e confiabilidade.

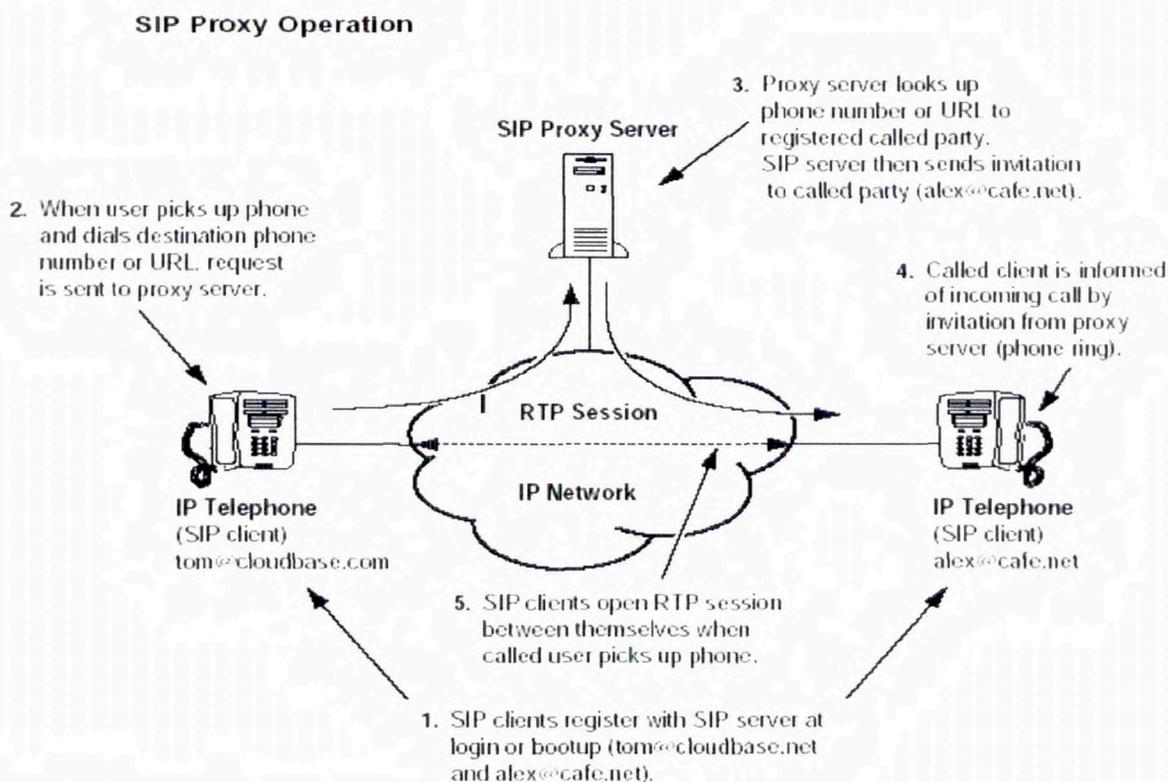
O autor lembra que a sua utilização é similar ao conjunto H.323, porém o SIP utiliza como suporte para suas mensagens os pacotes UDP da rede IP.

Esse protocolo possibilita, segundo Arora (1999), a criação, a modificação e o término de seções com um ou mais participantes. Essas seções, de acordo com Juniper (2005), incluem conferências, ligações telefônicas e distribuição multimídia.

Juniper (2005) destaca ainda que, ao herdar a filosofia e a arquitetura do HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e do SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), o SIP tornou-se um protocolo de grande simplicidade, eficiência e de grande potencial de assimilação pelos usuários de rede IP. Segundo Bernal Filho (2003), a sua modernidade e simplicidade fazem com que seja adotado com maior frequência pelos sistemas de telefonia VOIP.

Na figura 3 pode-se observar como é o processo de uma ligação telefônica, a partir de um sistema de telefonia VOIP, que utiliza o protocolo SIP. Esse processo começa com o registro dos endereços SIP dos clientes do sistema no servidor, identificado na figura como primeiro passo. No segundo passo, o usuário retira o telefone do gancho e disca um número de telefone de destino ou o seu endereço, enviando uma requisição para o servidor proxy. No

terceiro, o servidor proxy identifica o número telefônico ou o endereço e registra a chamada. O servidor SIP envia então um convite de chamada para as partes da ligação. Já no quarto passo, o cliente chamado é informado que existe uma ligação chegando do servidor proxy e toca o ring. Por fim, no quinto passo, os clientes SIP abrem uma seção RTP e a ligação telefônica é completada.



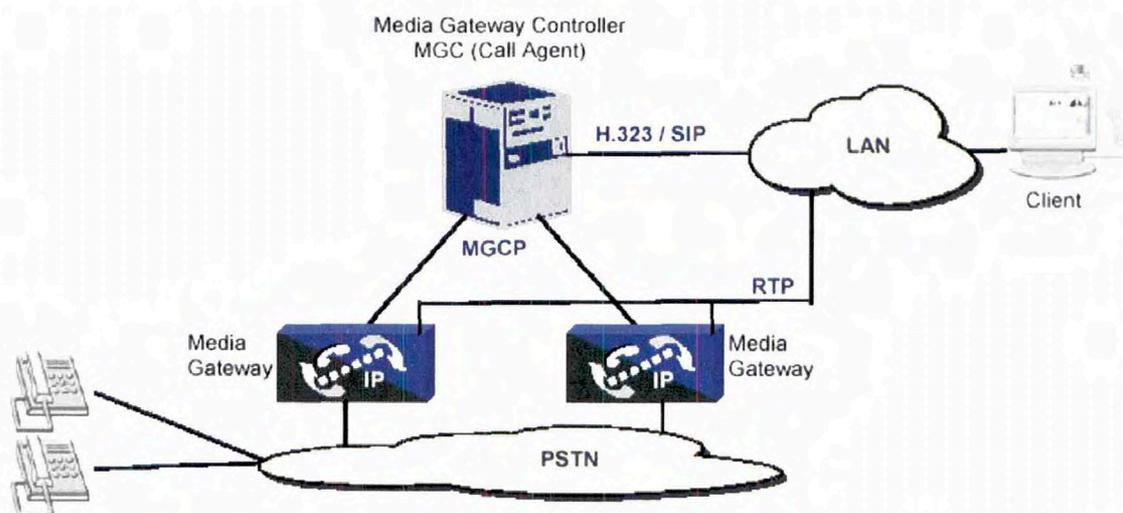
**Figura 3 - Processo de chamada através do protocolo SIP**  
**Fonte: Juniper (2005)**

### 2.2.6.3 MGCP

Bernal Filho (2003) afirma que o protocolo MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), definido através de recomendação RFC 2705 do IETF, é usado para controlar as conexões (chamadas) nos gateways presentes nos sistemas VOIP.

O MGCP implementa uma interface de controle usando um conjunto de transações do tipo comando/resposta que criam, controlam e auditam as conexões nos gateways. Estas mensagens usam como suporte os pacotes UDP da rede IP, e são trocadas entre os gerenciadores de chamadas e os gateways para o estabelecimento, acompanhamento e finalização de chamadas.

Na figura 4 é apresentada a aplicação do protocolo MGCP controlando as conexões nos gateways do sistema de telefonia VOIP. Nessa figura pode-se observar o *Media Gateway Controller*, conectado à LAN e aos gateways do sistema, utilizando o protocolo H.323 ou o protocolo SIP para a realização de uma chamada telefônica entre um cliente do sistema de telefonia VOIP e outro do sistema de telefonia pública comutada (PSTN).



**Figura 4 – Aplicação do protocolo MGCP**  
 Fonte: NIST (2005)

#### 2.2.6.4 RTP / RTCP

Bernal Filho (2003) destaca que o protocolo RTP (*Real-time Transfer Protocol*), definido através da recomendação RFC 1889 do IETF, é o principal protocolo utilizado pelos equipamentos do sistema VOIP para o transporte fim-a-fim, em tempo real, de pacotes de mídia (voz), através de redes IP. Esse protocolo funciona em conjunto com o RTCP (*Real-time Transfer Control Protocol*) e pode fornecer serviços de comunicação ponto-a-ponto e ponto-multiponto (teleconferência).

Ainda segundo o autor, o RTP não reserva recursos de rede e nem garante qualidade de serviço para tempo real. O RTCP monitora a entrega dos dados e provê funções mínimas de controle e identificação. Nas redes IP este protocolo utiliza os pacotes UDP, que estabelecem comunicações sem conexão, ou seja, sem confirmação de recebimento.

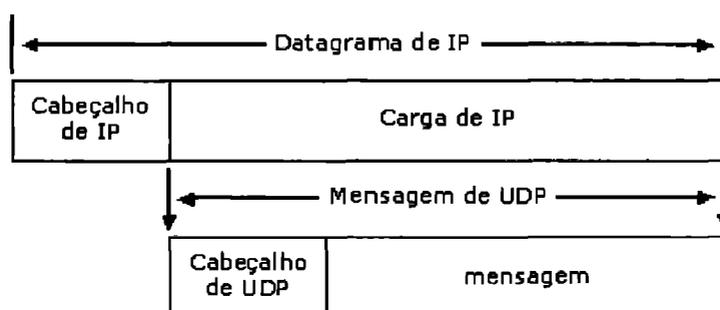
### 2.2.6.5 UDP

Para Protocols.com (2005), o UDP (*User Datagram Protocol*) é um padrão TCP/IP e está definido pela RFC 768 do IETF. O UDP é usado por alguns programas em vez de TCP para o transporte rápido de dados entre *hosts* TCP/IP. Porém o UDP não fornece garantia de entrega e nem verificação de dados.

Segundo Battisti (2005, p.1), “o protocolo UDP fornece um serviço de pacotes sem conexão que oferece entrega com base no melhor esforço, ou seja, UDP não garante a entrega ou verifica o seqüenciamento para qualquer pacote.”

Para as aplicações de comunicação em tempo real, como a voz, a confirmação de recebimento não poderia ser implementada, pois a retransmissão do pacote de informação chegaria depois do seu sucessor em seqüência, o que impossibilitaria a sua utilização.

Na figura 5 pode-se observar a montagem de um pacote de comunicação através do protocolo UDP numa rede IP.



**Figura 5 – Quadro de comunicação UDP**  
Fonte: Battisti (2005)

## 2.3 Elementos que afetam a qualidade da telefonia VOIP

Existem alguns elementos que influenciam diretamente a qualidade da comunicação numa rede de telefonia VOIP. Esses elementos devem estar configurados e suas capacidades devem ser dimensionadas de acordo com as necessidades do sistema a ser implantado.

Segundo Damovo (2005), a rede IP não foi originalmente feita para suportar aplicações em tempo real, como é o caso da transmissão de voz num sistema telefônico. A rede IP é um sistema multi-serviços de comutação de pacotes, onde cada pacote terá que negociar com outros para ir de um ponto ao outro da rede. Essa rede possui, também, multi-

caminhos de distâncias lógicas e físicas diferentes, fazendo com que os pacotes levem tempos diferentes para percorrê-la. Para a comunicação de dados isso não é problema, levando em consideração que a comunicação é assíncrona, os pacotes de informação podem chegar com atraso e com variação de atraso que não acarretará nenhum problema.

O sistema de telefonia é muito sensível ao atraso na comunicação, pois a sua filosofia é baseada numa comunicação síncrona, onde os participantes da conversa interagem entre si em tempo real.

No sistema de telefonia tradicional, por comutação de circuitos, esse problema é observado nas ligações internacionais, pois somando-se todos os atrasos na transmissão do sinal de voz chega-se a um valor elevado. Isso gera um desconforto para os participantes da conversa, que passam a não interagir em tempo real e, dessa forma, precisam dar pausas durante a conversa para esperar pela transmissão do sinal. Segundo NIST (2005), numa ligação internacional um atraso de até 400ms é tolerado.

A esse atraso na transmissão do sinal de voz pelo sistema telefônico é dado o nome de latência. De acordo com Juniper (2005), a latência é o tempo que um pacote de informação digital leva para ser codificado na origem, transmitido pela rede e decodificado no destino. Para telefonia, é o tempo que a voz de uma pessoa leva para alcançar o seu destino, ou seja, o ouvinte.

A latência não degrada o sinal de voz, porém ocasiona uma perda de sincronismo na conversa de duas ou mais pessoas. Segundo NIST (2005), o ITU-T, através da recomendação G.114, estabelece que a latência fim-a-fim para uma ligação telefônica de qualidade é de 150ms.

Para saber se a latência total não ultrapassa os 150ms devem ser somadas as latências de todos os pontos do sistema pelo qual a comunicação de voz está sendo realizada. Isso significa a latência do Codec, dos ativos da rede IP e dos meios de transmissão. A latência dos ativos de rede e dos meios de transmissão pode ser medida através de softwares de monitoramento da rede IP. Já a latência do Codec é intrínseca do mesmo. Uma vez definido o Codec a ser utilizado, sabe-se de antemão o tempo que o mesmo levará para executar as suas tarefas. No quadro 1 observa-se o atraso fim-a-fim (latência) gerado de acordo com o Codec em uso.

O Codec, além de gerar latência, também define diretamente a qualidade da voz. Ele determina como a voz será transformada e comprimida em pacotes de informação, o que resulta na qualidade do sinal de áudio que será entregue ao ouvinte, como se pode ver no quadro 1.

Outra questão na qual o Codec influencia é na largura de banda a ser utilizada pela transmissão de voz sobre a rede IP, também destacada no quadro 1. Geralmente Codecs que possuem menor qualidade de voz, utilizam menos banda e uma latência maior. Nesse caso, a qualidade inferior de voz está relacionada a uma amostragem menor da voz ou a sua maior compressão, a menor utilização de banda, a menor quantidade de informação de voz a transportar e, por fim, a latência maior, relacionada a maior complexidade do processo de transformação e compressão da voz em pacotes IP.

Em redes IP onde a banda disponível para transmissão de voz for pequena, poderão ser utilizados Codecs com menor utilização de banda, porém, não se pode esquecer da latência e da qualidade da voz a ser entregue. Caso a opção seja o uso de um Codec de baixa ocupação de banda, pode-se obter um valor de latência maior que 150ms (ativos de rede mais Codec), acarretando na perda de qualidade da voz.

Como a latência, a variação de atraso também é impactante para transmissão de voz num sistema telefônico. O fluxo da voz é contínuo, não admitindo variação de tempo. Caso o sinal não chegue ao seu destino com um atraso fixo, o decodificador vai entregar ao ouvinte um sinal de voz que não poderá ser entendido.

Essa variação de atraso chama-se jitter. Juniper (2005) afirma que jitter é a medida da variação da latência. É a medida do tempo entre quando é esperado chegar o pacote de informação e quando realmente chega.

Para Juniper (2005), o jitter, desde que não seja elevado, pode ser corrigido utilizando “bufferização”, que nada mais é do que utilizar uma memória para gravar os pacotes de informação, que podem estar com variação de atraso ou não, e entregá-los sem variação de atraso.

Para NIST (2005), a perda de pacotes é mais um elemento que afeta a qualidade da voz num sistema de telefonia VOIP. Como visto anteriormente, o sistema de telefonia VOIP utiliza o protocolo UDP para transmissão dos pacotes de informação. Esse protocolo não possui confirmação de recebimento e retransmissão de pacotes como o TCP. A opção por esse protocolo deriva da sua maior velocidade para transmissão, essencial para aplicações em tempo real, e pelo fato de não se poder utilizar um pacote retransmitido. Assim, diferentemente da transmissão de dados, que admite retransmissão no caso de perda de pacotes, a transmissão de voz é degradada no caso da sua ocorrência.

Existem muitas possíveis causas da perda de pacotes. Segundo Juniper (2005), uma delas, por exemplo, é o chamado *over flow* dos ativos de rede, que se caracteriza pelo

congestionamento da rede IP, onde esgotadas as capacidades de processamento e de *buffers* desses elementos da rede, passam a descartar os pacotes de informação.

Esses elementos devem, então, ser trabalhados em conjunto para se obter um sistema de telefonia VOIP com qualidade de voz. Dependendo da rede, a reconfiguração isolada de um desses elementos na tentativa de corrigir o problema pode afetar outros elementos. Num sistema onde existe o problema de latência, por exemplo, a solução poderia ser a utilização de um Codec com menor processamento e conseqüentemente menor latência, porém, isso acarreta uma maior necessidade de banda, que pode se tornar um novo problema. Deve-se, portanto, analisar o sistema de uma forma geral e atacar os pontos críticos de uma forma integrada, objetivando criar um ambiente para transmissão de pacotes de voz com Qualidade de Serviço (QoS).

Para Damovo (2005), QoS é a medida de performance para um sistema de transmissão que reflete a qualidade de transmissão e a disponibilidade do serviço em relação a uma aplicação. Um sistema que possui QoS deve, portanto, possuir uma configuração de rede onde nenhum desses elementos interfira na qualidade e na disponibilidade do serviço de transmissão de voz sobre a rede.

## 2.4 A rede ethernet

No início os computadores trabalhavam de forma isolada, cada máquina trabalhava somente com os seus recursos. Os dados e programas só podiam ser transferidos de um para outro de forma manual, através de dispositivos externos de armazenamento, como discos e fitas magnéticas.

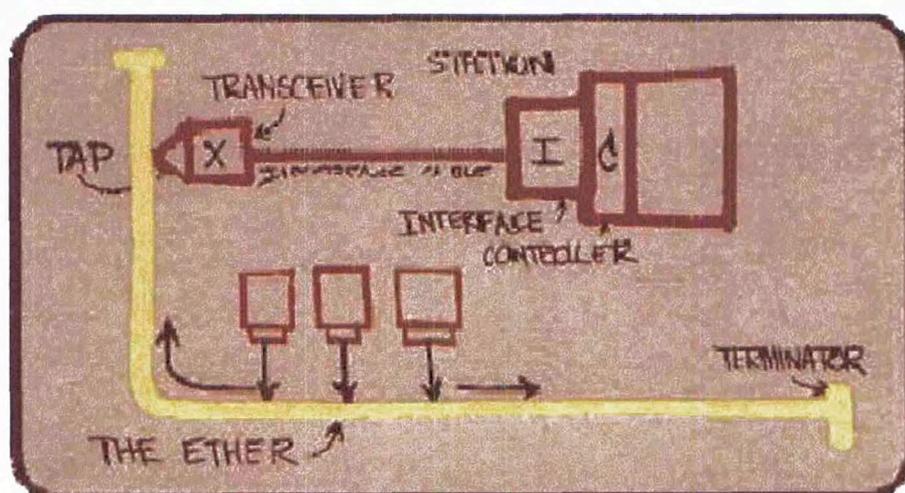
Segundo Dias e Alves Júnior (2002, p.1), “a necessidade de diminuir custos, aumentar a confiabilidade, disponibilizar o compartilhamento de recursos físicos (HD, impressoras,...) e informações (banco de dados, programas,...) fez surgir as redes de computadores.”

Essas redes, porém, foram criadas adotando topologias lógicas de acordo com os seus criadores e com os seus objetivos. Para Morimoto (2004), a topologia lógica determina como os dados serão transmitidos através da rede.

Hoje, de acordo com Morimoto (2004), existem três topologias lógicas de rede em uso. São elas: Token Ring, Arcnet e Ethernet. As redes Token Ring e Arcnet, devido a suas limitações e ao avanço tecnológico de outras topologias, caíram em desuso. A rede ethernet, entretanto, evoluiu e, segundo o autor, é a topologia de maior utilização em nível mundial nos dias de hoje.

A rede Ethernet, segundo Spurgeon (2000), foi inventada por Robert Metcalfe em 1972 quando trabalhava na empresa XEROX. Robert Metcalfe fez um experimento conectando o servidor XEROX Alto a uma estação de trabalho. Essa topologia de rede foi inicialmente chamada de Alto Aloha Network. Em 1973, Robert Metcalfe mudou o nome dessa rede para Ethernet. Seu objetivo era disseminar que nessa rede poderiam ser conectados quaisquer computadores, não só os computadores Alto da XEROX. A rede ethernet desenvolvida por Metcalfe pode ser visualizada na figura 6.

O nome ethernet, dado por Metcalfe, tem origem na física, pois quando ele desenvolveu essa tecnologia, os físicos tinham como modelo que as ondas eletromagnéticas precisavam de um meio para se propagar no espaço. Eles imaginavam que entre os planetas e as estrelas existia uma substância chamada Ether, que seria o meio de propagação da luz. Assim, Metcalfe fez uma analogia direta com a teoria física e colocou o nome da sua rede de ethernet, ou seja, rede sobre o Ether.



**Figura 6 – Rascunho da primeira rede ethernet.**  
**Fonte: Dias e Alves (2002).**

Em 1980, segundo Dias e Alves (2002), foi delegada ao IEEE (*Institute of Electric and Electronic Engineer*) a responsabilidade de criar e administrar a padronização da ethernet. Assim, após a sua homologação pelo IEEE, as suas especificações foram totalmente disponibilizadas. Para Dias e Alves (2002, p.1), “esta abertura combinada com a facilidade na utilização e com sua robustez resultou no largo emprego desta tecnologia.”

Para os autores, a rede Ethernet consiste em três elementos: o meio físico, as regras de controle e acesso ao meio e o quadro Ethernet.

O meio físico é formado pelas placas de rede, cabos coaxiais ou UTP (*Unshielded Twisted Pair*), hubs, switches, roteadores e demais ativos de rede. Para Morimoto (2004), esses equipamentos podem estar configurados numa topologia física do tipo estrela, barramento ou mista. Independente da topologia física utilizada, esse meio físico será único e compartilhado.

Segundo Dias e Alves (2002), o endereçamento das informações entre os ativos de rede é feito através de uma numeração que é única para cada *host* com 6 bytes, sendo os primeiros 3 bytes para a identificação do fabricante e os 3 bytes seguintes para o número sequencial da placa. Esta numeração é conhecida como endereço MAC (*Media Access Control*). Os endereços MAC são responsáveis pelo controle, transmissão e recepção, atuando diretamente com o meio físico.

De acordo com Dias e Alves (2002), o fato de a rede Ethernet requerer que apenas uma estação transmita enquanto que todas as outras aguardam em “silêncio”, característica básica de um meio compartilhado, fez com que se desenvolvesse um método de acesso para controlar esse processo. O método de acesso criado é o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Nesse método, segundo os autores, qualquer estação pode transmitir quando percebe o meio livre. Pode ocorrer, também, que duas ou mais estações tentem transmitir ao mesmo tempo. Nesse caso, ocorre uma colisão e os pacotes são corrompidos. Quando uma colisão é detectada, a estação tenta retransmitir o pacote após um intervalo de tempo aleatório. Assim, o CSMA/CD pode estar em três estados: transmitindo, disputando ou inativo.

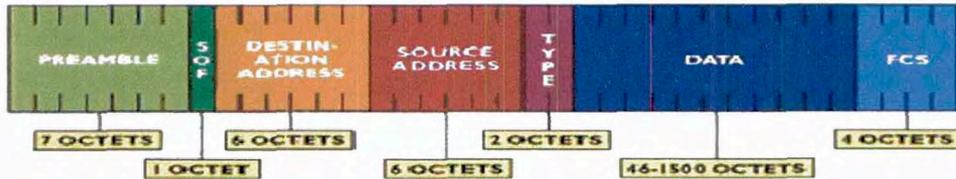
Para Dias e Alves (2002), o quadro Ethernet é o último elemento da rede ethernet, sendo dividido em campos, dos quais os principais são descritos da seguinte maneira:

- **Destination Address:** contém o endereço MAC do destinatário;
  - **Source Address:** contém o endereço MAC do remetente;
  - **Type/Length:** indica o tamanho em Bytes do campo de dados;
  - **Data:** contém os dados que deverão ser passados à próxima camada, deve ter tamanho mínimo de 46 bytes e máximo de 1500 bytes;
  - **FCS – Frame Check Sequence:** contém o Cyclic Redundancy Check (CRC).
- (Dias; Alves, 2002, p.1)

Na figura 7, podem ser observados os campos do quadro Ethernet, descritos acima por Dias e Alves. Esses campos referem-se ao quadro Ethernet especificado através da recomendação IEEE 802.3.

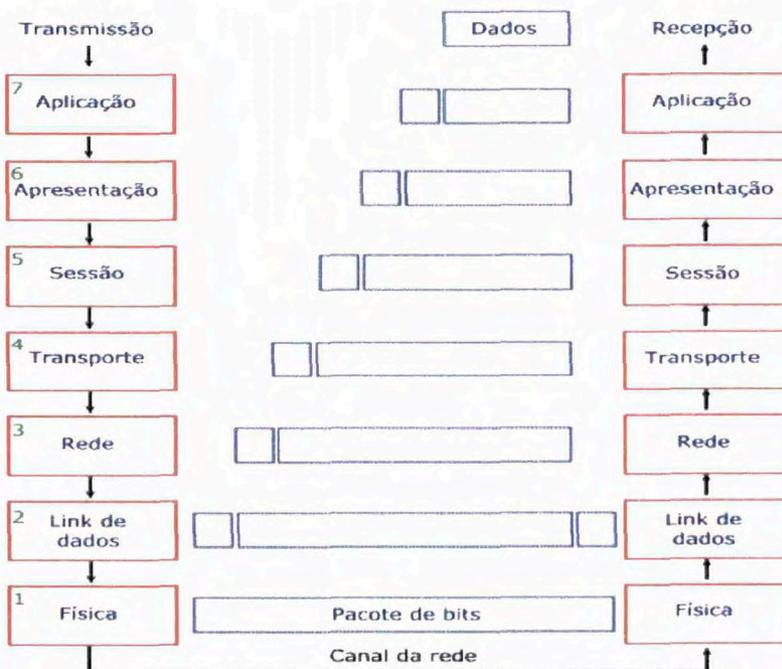
Entretanto, as transmissões de dados, para serem realizadas através do meio físico, precisam de uma estruturação. O protocolo de rede Ethernet e os demais protocolos, como o

IP, UDP, RTP, H.323 e SIP, por exemplo, precisam de um modelo padrão para que os diversos dispositivos conectados à rede possam interpretá-los.



**Figura 7 – Quadro ethernet.**  
Fonte: Dias e Alves (2002)

Assim, segundo MySpace (2005), a organização ISO (*International Standards Organization*) definiu o OSI (*Open System Interconnect*), que divide os protocolos de rede em sete camadas, conforme são representadas na figura 8. O modelo OSI serve para referência e uma determinada rede pode não ter todas as camadas indicadas na figura 8. Nessa figura, os retângulos azuis no centro representam os dados acrescidos de cabeçalhos. Como uma pilha de protocolos, na seqüência de transmissão o conjunto aumenta de tamanho até o pacote final e, na recepção, diminui até o dado original.

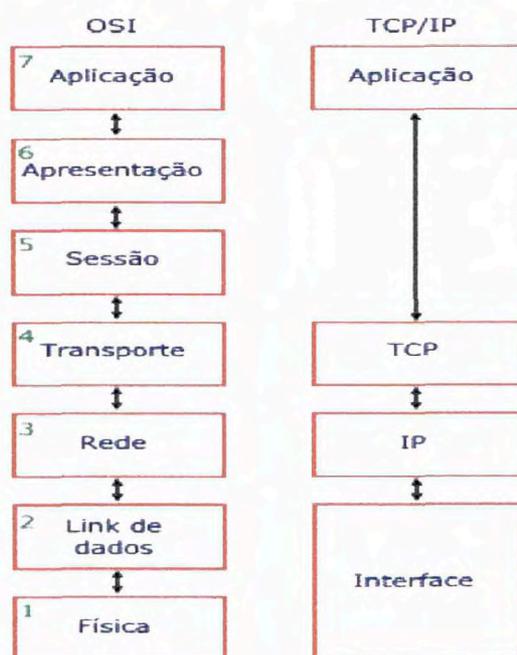


**Figura 8 – Modelo OSI.**  
Fonte: MySpace (2005).

Para telefonia VOIP, os protocolos básicos utilizados são: IP, UDP, RTP e SIP ou H.323. Esses protocolos formam uma pilha que segue a estrutura de camadas do modelo OSI, porém, não precisam de todas as camadas desse modelo. Eles utilizam o modelo simplificado chamado de TCP/IP.

Segundo MySpace (2005, p.1), “desenvolvido por volta de 1974, o TCP/IP é uma arquitetura de rede em um conjunto de protocolos em quatro camadas. Dada a possibilidade de conectar redes heterogêneas, tornou-se o padrão para a Internet.”

No modelo TCP/IP, apresentado na figura 9, a rede ethernet fica na camada de interface, o protocolo IP na camada IP, os protocolos UDP e RTP na camada TCP e os protocolos SIP ou H.323 na camada de aplicação.



**Figura 9 – Comparativo entre modelo OSI e modelo TCP/IP.**  
**Fonte: MySpace (2005).**

Os hardwares que compõem essa rede são: placas de rede, hubs, switches, e roteadores, como elementos ativos de rede e cabos e conectores, como elementos passivos de rede.

As placas de rede, de acordo com Morimoto (2004), são os hardwares que permitem aos micros conversarem entre si através da rede. São os equipamentos que dão acesso aos diversos dispositivos da rede, como por exemplo: estações de trabalho, servidores e impressoras.

Os hubs, para Morimoto (2004), são equipamentos que limitam-se a funcionar como um espelho da rede. Eles são conectados a todos os dispositivos do seu segmento de rede e

tudo o que um dos dispositivos transmite é repassado para todos os outros dispositivos conectados ao mesmo. Quando as redes começam a crescer, essa característica pode reduzir o desempenho devido ao elevado nível de colisões que podem se proceder.

Para solucionar esse problema, surgiram os switches, que são, segundo Morimoto (2004), equipamentos que podem ser utilizados para conectar os dispositivos de rede, como um hub, porém, não funcionam como um espelho. Esses equipamentos possuem uma inteligência maior. Através de um protocolo de resolução de endereços chamado de ARP (*Address Resolution Protocol*), identificam os dispositivos que se conectam às suas portas e, com isso, fazem a conexão dos pacotes de informação somente da porta de origem para a porta de destino, evitando ocupar as suas demais portas.

Tanto o hub como o switch somente podem funcionar numa única rede. Quando é necessário conectar redes distintas para transferir informações entre as mesmas é necessário utilizar um roteador. O roteador, de acordo com Morimoto (2004), é o equipamento que tem a capacidade de identificar na rede os pacotes de informações que não têm como destino outro dispositivo da mesma rede. Assim, eles transferem esses pacotes de informações para uma porta onde está conectado outro roteador que tem acesso à rede à qual está conectado o dispositivo de destino do pacote de informação.

Enfim, as redes Ethernet configuram a base para transmissão de voz sobre o protocolo de Internet (IP) no ambiente corporativo da maior parte das empresas. Elas possibilitam a interconexão dos dispositivos de telefonia VOIP e o funcionamento dos diversos protocolos essenciais para o estabelecimento, manutenção e controle das ligações telefônicas.

## **2.5 O Sistema Telefônico Tradicional**

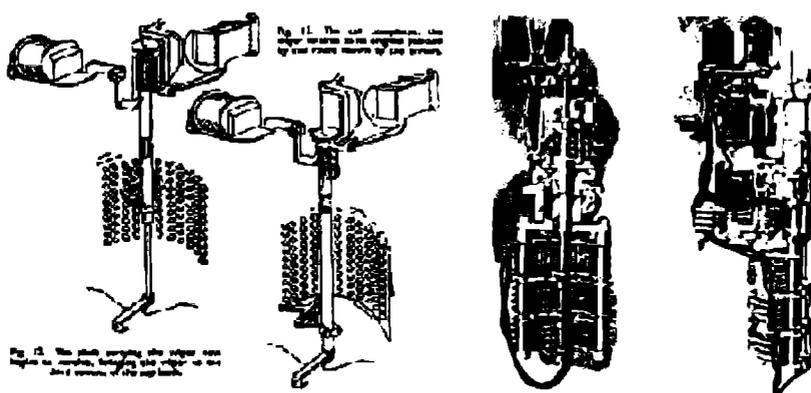
Com base em informações da Fundação Telefônica (2003), pode-se resgatar um breve histórico da evolução dos sistemas telefônicos, conforme segue:

O sistema telefônico tradicional teve início com a invenção do telefone por Alexander Graham Bell em março de 1876. Através da invenção de Bell era possível transformar o sinal analógico da onda mecânica de voz em sinais analógicos elétricos para transmiti-los através de fios e na outra ponta fazer o trabalho inverso, recuperando o sinal de voz original.

Esses aparelhos, porém, precisam ser conectados a um ponto central para poderem ser conectados a outros aparelhos, possibilitando, assim, a comunicação entre os diversos usuários interligados ao sistema.

Surgiram, então, em 1878, as centrais de comutação manual. Essas centrais estavam conectadas a todos os assinantes do sistema e sempre que um desses queria falar com outro, falava antes com uma telefonista que fazia a conexão entre as duas linhas.

Em 1891, Almon B. Strowger desenvolveu uma central de comutação automática, a qual podia ser controlada diretamente pelos usuários, sem a intervenção da telefonista. As primeiras centrais que utilizavam o sistema automático de Strowger, melhor visualizado na figura 10, tinham uma capacidade para 100 linhas.



**Figura 10 – Sistema Automático Strowger**  
**Fonte: Fundação Telefônica (2005)**

Para que o usuário do sistema pudesse controlar o mecanismo de comutação, precisava utilizar dois botões no seu telefone. O primeiro, cada vez que fosse pressionado movimentava uma posição vertical e o segundo uma posição na horizontal. Cada uma das posições tinha uma linha telefônica conectada. Se o usuário quisesse falar com o número 32, por exemplo, precisava pressionar três vezes consecutivas o primeiro botão e duas vezes o segundo botão. Quando terminava a ligação, precisava pressionar outro botão para colocar o sistema na posição inicial novamente.

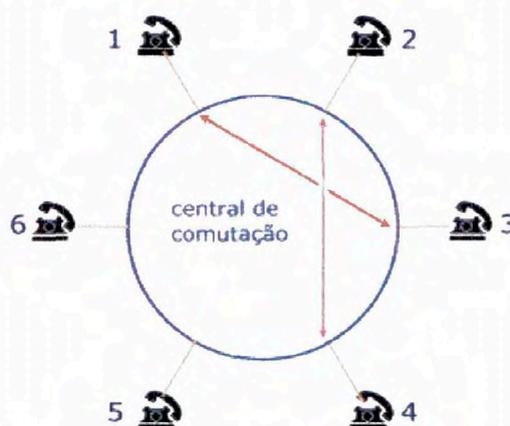
Em 1893, Antony E. Keith colocou no aparelho telefônico um gancho para suportar a cápsula receptora. Ele fazia a função de um interruptor e, assim, quando a ligação era terminada e o usuário colocava a cápsula nesse gancho, o sistema Strowger voltava à posição inicial.

Em 1896, foi inventado, também por Keith, um processo que eliminava a necessidade do usuário apertar várias vezes um botão para movimentar o mecanismo de comutação. Ele instalou no aparelho telefônico um sistema que enviava seqüências de pulsos do aparelho do usuário para a central. Esses dispositivos empregavam discos que eram girados e que, ao voltarem para sua posição, iam fazendo essencialmente a mesma coisa que a pessoa fazia

antes apertando o botão várias vezes. Esse processo utilizado por quase um século fez com que até hoje seja usada a expressão “discar um número”, mesmo quando os sistemas já não possuem mais o disco.

De acordo com Pinheiro (2005), até o fim dos anos 60 as centrais telefônicas eram totalmente eletromecânicas. A partir dos anos 70 passaram a funcionar com dispositivos de comutação semi-eletrônica, onde as funções lógicas de comando e controle são realizadas por dispositivos eletrônicos e a conexão continua sendo eletromecânica. Nos anos 80, surgiram as centrais de comutação totalmente eletrônica, na qual as funções lógicas de comando, controle e conexão são executadas por dispositivos eletrônicos.

Os sistemas telefônicos tradicionais são, portanto, sistemas de comutação de circuitos, onde de forma determinística se estabelece um canal de comunicação exclusivo para a conversação entre dois usuários do sistema, conforme se pode ver na figura 11.



**Figura 11 – Comutação por circuitos**  
**Fonte: MySpace (2005)**

Nesse sistema, o aparelho telefônico possibilita o acesso do usuário à central telefônica da rede de telefonia para que o mesmo possa se conectar a qualquer um dos outros usuários dessa central ou das centrais às quais esta se conecta. A central telefônica, conforme Pinheiro (2005), por sua vez, representa o subsistema mais importante da rede de telefonia. As centrais telefônicas têm como funções principais gerência, distribuição, concentração, interligação e tarifação das chamadas produzidas pelos assinantes. É o elemento responsável pela comutação de sinais entre os assinantes de uma rede.

Para Pinheiro (2004), as centrais telefônicas atuais são chamadas de PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) quando a comutação é feita de forma automática, sem a intervenção de uma operadora, e de PBX (*Private Branch Exchange*) quando a comutação é

manual, com a intervenção de uma operadora. Esses dois tipos de centrais são conectados à rede pública de telefonia (PSTN). Existem, também, as centrais telefônicas PAX (*Private Automatic Exchange*), com comutação automática, sem a intervenção de operadoras, as quais não possuem conexão com a rede de telefonia pública.

Para que os usuários do sistema possam se conectar uns aos outros é necessário que essas centrais telefônicas troquem informações umas com as outras e com os seus assinantes. A essas trocas de informações no sistema telefônico dá-se o nome de sinalização. A sinalização, segundo Pinheiro (2005), é responsável pela transferência de informação de controle entre as centrais telefônicas e os assinantes, sendo responsável pelo estabelecimento, manutenção e desconexão das ligações.

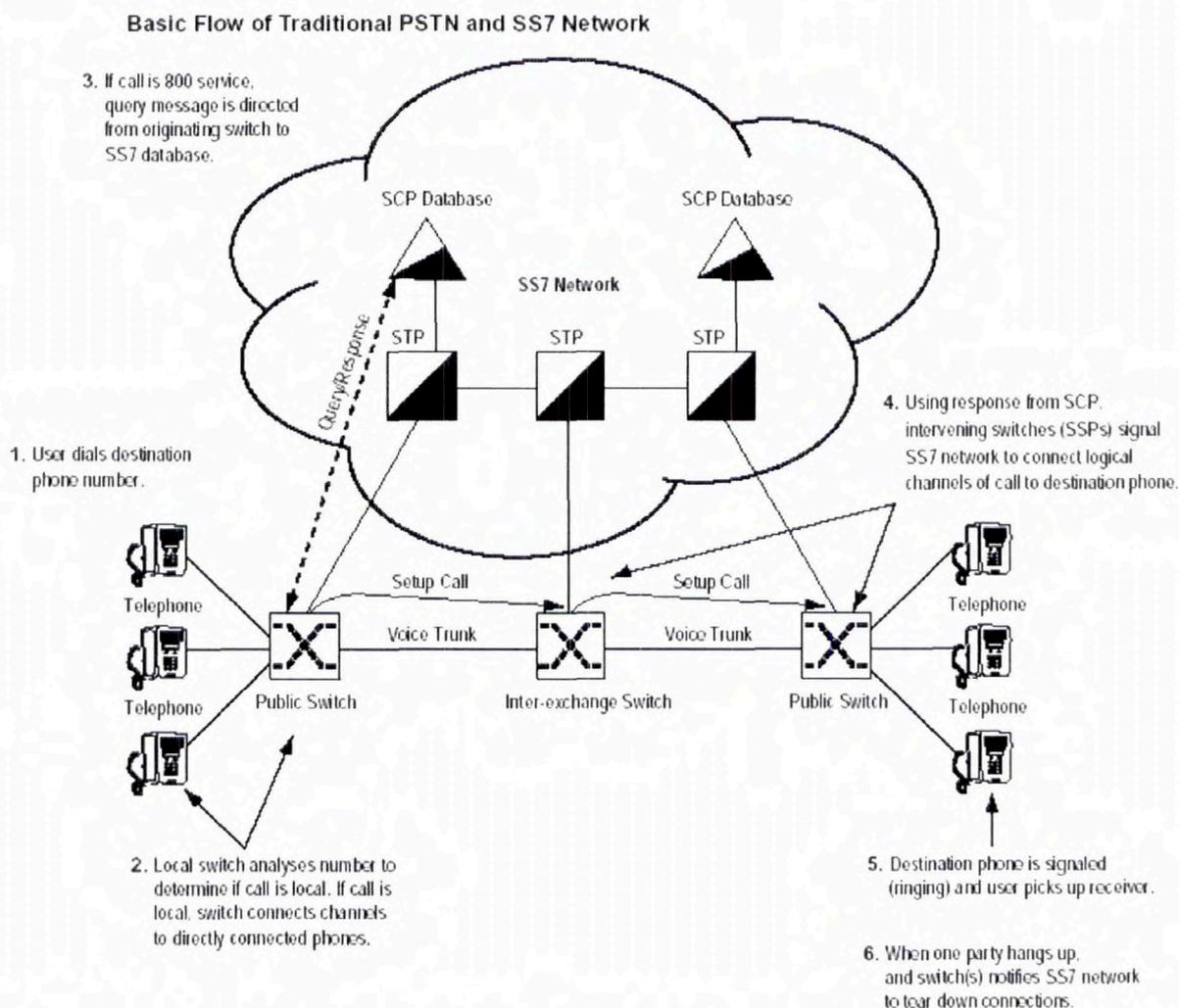
O autor lembra que nas centrais analógicas, as funções de controle e comutação estão intimamente ligadas e, assim, a voz e a sinalização utilizam o mesmo caminho físico, sendo designados por sistemas de sinalização de canal associado ou CAS (*Channel Associated Signalling*).

Para Pinheiro (2005), com a evolução das centrais telefônicas, as funções de controle e comutação foram separadas, tornando possível a utilização de computadores para realização das funções de controle. Com isso surgiu o sistema de sinalização em canal comum ou CCS (*Common Channel Signalling*). Neste tipo de sistema é usado um caminho comum para um determinado número de circuitos de sinalização, o que leva a existirem caminhos diferentes para voz e sinalização.

De acordo com o autor, o sistema de sinalização em canal comum, desenvolvido pelo antigo CCITT (atual ITU-T) é chamado "*CCITT Common Channel Signalling System Number 7*", vulgarmente conhecido por SS7, que é o sistema de sinalização adotado pelas operadoras de serviços de telefonia pública. O SS7 foi projetado usando conceitos de comutação de pacotes e estruturado em diferentes níveis conforme o modelo OSI para ser usado em ligações nacionais e internacionais. A rede do SS7 pode ser vista como uma rede de comutação de pacotes que é usada para transmitir mensagens de sinalização entre os processadores das várias centrais de comutação.

Na figura 12 pode-se observar o funcionamento da rede de telefonia pública comutada (PSTN) e da rede de sinalização SS7. Como demonstrado na figura, o funcionamento do sistema segue alguns passos. Primeiramente, o usuário discar o número telefônico de destino. Assim, a central telefônica local identifica se o número discado é local. Se o telefone discado for local, essa central os conecta diretamente, pois os usuários de origem e destino estão conectados a mesma. Caso a ligação não seja local, a central envia uma mensagem para o

sistema de sinalização SS7. Esse sistema envia, então, um sinal para que todas as centrais envolvidas com a conexão, entre o telefone de origem e o telefone de destino, criem um canal lógico entre as partes. Assim, uma sinalização chega no telefone de destino, fazendo o mesmo tocar o ring. Quando o usuário atende ao telefone, completa a ligação entre as partes. Por fim, ao colocar o telefone no gancho, um sinal é enviado para o sistema de sinalização SS7, que manda todas as centrais envolvidas desfazerem o canal lógico criado.



**Figura 12 – Rede de telefonia pública comutada (PSTN) e sinalização SS7.**  
**Fonte: Juniper (2005).**

Um grande salto para a evolução dos sistemas telefônicos tradicionais, segundo Bernal Filho (2003), foi a digitalização do sinal de voz por volta da metade do século XX. Através do princípio de Nyquist, que consiste em utilizar uma banda de 4 KHz do sinal analógico de voz, com uma taxa de amostragem desse sinal de 8 KHz, foi possível recuperar esse sinal de voz adequadamente. Nesse sistema, cada amostra é representada por um byte, o que dá uma gama de 256 valores distintos para a codificação do sinal de voz. Assim, cada canal de voz necessita

de uma banda de 64 Kbits/s, ou seja, 8.000 amostras por segundo x 8 bits. Esse padrão de digitalização do sinal de voz foi registrado pelo ITU-T sob a recomendação G.711 – PCM (*Pulse Code Modulation*).

A codificação digital do sinal de voz, juntamente com a comutação digital, presentes nas centrais telefônicas que foram desenvolvidas com tecnologia totalmente digital, trouxeram diversos benefícios para o sistema de telefonia tradicional.

Pinheiro (2004, p.1) destaca que as centrais telefônicas totalmente digitais apresentam os seguintes benefícios:

**Armazenamento de voz** - Convertendo a voz para forma digital, é possível armazená-la em um disco ou na memória do sistema. Isso permite uma grande facilidade e rapidez para correio de voz, entre outros;

**Maior capacidade** - Com sinais digitais, um único tronco de 2Mbps (E1) pode transmitir 32 canais de voz simultaneamente, gerando uma economia de linhas no sistema;

**Redução de custo e maior confiabilidade:** Com tecnologia digital, o consumo de energia é menor, além da redução do espaço físico necessário. Além disso, os circuitos digitais possuem maior confiabilidade e imunidade a ruídos;

**Qualidade do sinal em maiores distâncias:** Quando o sinal digital necessita ser amplificado porque sofreu atenuação, o ruído pode ser eliminado, pois há uma regeneração do sinal, já que ele é digital e pode ser totalmente recuperado. Isso elimina o ruído até aquele ponto da transmissão;

**Uso do mesmo meio físico para várias informações:** Com sinais digitais, é possível transmitir voz, dados, imagens, música, e assim por diante através do mesmo meio físico;

**Impossibilidade de cruzamento de sinais:** Como a comutação é digital, não existem enlaces físicos e não é possível haver cruzamentos indesejáveis entre ramais / troncos no sistema. Assim, esse tipo de preocupação não existe na tecnologia digital.

Esses benefícios e a concorrência acirrada, após a privatização do sistema Telebrás, forçaram a rápida migração, por parte das operadoras de telefonia, dos sistemas analógicos para os sistemas digitais.

## 2.6 Vantagens da telefonia VOIP

A telefonia VOIP é uma tecnologia que pretende integrar os serviços de comunicação de voz à rede de dados existente. Essa convergência traz diversas vantagens operacionais e financeiras para a tecnologia de telefonia VOIP frente à telefonia tradicional.

A partir da integração dos serviços de voz e dados é possível reduzir a necessidade de investimentos em infra-estrutura de telecomunicações para o transporte da voz, conforme Grecco (2004) e Maturó (2005). Essa redução é alcançada por diversos motivos. O primeiro

trata-se da utilização dos mesmos *links* de comunicação para os serviços de voz e dados. Atualmente, com a telefonia tradicional é preciso um sistema de comunicação com *links* para atender a rede de dados e outro sistema de comunicação para atender a rede de telefonia. O segundo é a utilização da mesma estrutura de cabeamento para conexão dos aparelhos de telefone dos usuários ao sistema telefônico e para conexão dos seus computadores em rede. Por fim, o terceiro é a eliminação dos equipamentos multiplexadores, utilizados hoje para a extensão dos ramais de uma central telefônica para localidades remotas. Uma vez existindo a rede de dados, a extensão desses ramais pode ser feita através dessa rede, sem a necessidade de multiplexadores.

A convergência dos serviços de voz e dados possibilita também, segundo Maturo (2005), a integração das atividades de gerenciamento, manutenção e suporte, que passam a ser conduzidas por uma única equipe. Segundo a autora, algumas empresas mantêm duas equipes especializadas; uma para o sistema de dados e outra para o sistema de telefonia. Com a integração desses serviços, a estrutura de pessoal, a estrutura física, bem como a necessidade de equipamentos e peças de reposição para a realização das atividades de gerenciamento, manutenção e suporte, podem ser reduzidas sem nenhum detrimento na qualidade do atendimento aos usuários. Além disso, a integração dessas atividades possibilita que os investimentos em treinamento sejam concentrados. Assim, com menos recursos é possível capacitar as pessoas envolvidas no atendimento das necessidades de comunicação de voz e dados.

Para Maturo (2005), as funcionalidades de chamada ramal a ramal dentro da rede de telefonia VOIP permitem que empresas com filiais espalhadas pelo país consigam reduções consideráveis nas suas contas telefônicas. A rede de telefonia corporativa, criada com base no sistema de telefonia VOIP, permite que os colaboradores da empresa conversem entre as diversas unidades da mesma sem a realização de chamadas pelo sistema de telefonia pública tradicional. Isso reduz a conta telefônica de acordo com a necessidade de comunicação entre essas unidades e de acordo com os degraus de tarifação entre as mesmas. De acordo com a autora, numa iniciativa de implantação de um sistema de telefonia VOIP, uma empresa do setor bancário, de projeção nacional, conseguiu reduzir em 10% a conta telefônica de interurbanos. Essa redução, porém, depende das características de comunicação de cada empresa e da forma como for conduzida a mudança para o novo sistema, podendo alcançar percentuais maiores ou menores que os alcançados por essa empresa.

A telefonia VOIP proporciona menores custos de atualização e alto grau de escalabilidade, segundo Maturo (2005). Isso proporciona menores custos na atualização dos

sistemas se comparado com a telefonia tradicional e a rede IP, por ser uma plataforma que traz escalabilidade, permitindo uma fácil implementação de novas aplicações e suporte a expansões no sistema, inclusive para outras localidades onde a empresa atua.

Os sistemas de telefonia VOIP totalmente IP possibilitam o desenvolvimento de aplicações que permitem ao usuário do sistema uma interação com as informações e os recursos disponíveis nos sistemas computacionais. Para Grecco (2004), esses aparelhos, por intermédio dessas aplicações específicas, permitem consultas a bancos de notícias, informações climáticas, informações de crédito, comércio eletrônico, entre outras funções. Segundo Marco Kimura, da empresa Siemens (apud SPOSITO, 2003), uma das grandes vantagens da convergência IP é a disponibilidade de uma plataforma multimídia para a oferta de novos serviços e ainda simular as aplicações de telefonia tradicional.

Grecco (2004) ressalta que o telefone pode, inclusive, ser disponibilizado como uma aplicação no próprio computador. Uma vez conectado à rede e aberto o aplicativo, o computador passa a ter, também, a função de aparelho telefônico. Essa aplicação de telefone no computador chama-se *softphone* e, segundo Maturo (2005), permite ao usuário do sistema uma grande mobilidade. Num sistema de telefonia VOIP o usuário pode conectar o seu telefone onde estiver, desde que exista uma rede IP com possibilidade de conexão com o PABX IP do seu sistema telefônico. Assim, para as pessoas que no seu trabalho precisam de mobilidade, ou mudanças constantes do seu local de trabalho, torna-se uma ferramenta de grande valor. O telefone passa a ser realmente do usuário e não do local do usuário. Segundo Grecco (2004), conectando o PABX IP na internet, com uma conexão de banda larga, é possível ativar um ramal de qualquer lugar do mundo como se estivesse trabalhando normalmente na empresa, fazendo e recebendo ligações.

Por fim, para Aléssio Marasca Júnior (apud MATURO, 2005), grande parte dos fabricantes de centrais telefônicas convencionais já anunciam a descontinuidade da produção desses equipamentos a partir de 2007. O mercado de grandes fabricantes de sistemas telefônicos vê a tecnologia de telefonia VOIP como a sucessora da atual tecnologia e está investindo pesado no desenvolvimento de sistemas de telefonia baseados em IP. Assim, a tendência é que os sistemas de telefonia tradicional tenham um aumento progressivo dos preços, frente aos da nova tecnologia, e haverá também uma parada progressiva no desenvolvimento de melhorias para esses sistemas. De acordo com Grecco (2004), para quem deseja testar os benefícios da telefonia IP antes de optar pela conversão completa, existem meios de se utilizar centrais híbridas, que suportam aparelhos convencionais e IP. Assim, a

transição torna-se mais suave e os usuários podem utilizar a nova tecnologia em áreas ou aplicações onde os benefícios podem ser melhor aproveitados no momento.

## **2.7 Aplicações corporativas da telefonia VOIP**

De início as empresas geralmente começam a usar os sistemas de telefonia VOIP somente para transporte dos canais de voz através da rede IP. Essa rede passa, então, a ser utilizada para transporte de pacotes de voz e dados entre duas ou mais unidades da empresa. De acordo com Vainsencher (2003), para interligação das redes IP, as empresas utilizam-se de diversas estruturas suportadas pelo modelo OSI, entre elas: Ethernet (LAN/WAN), Frame Relay, VPN (*Virtual Private Network*), MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), X.25 e Internet. Nesse início, de acordo com DAMOVO (2005), as empresas mantêm todas as suas estruturas de telefonia convencional, porém, ao invés de utilizarem a rede pública de comutação para chegar até seus usuários de unidades remotas, as centrais telefônicas corporativas utilizam os *links* da rede de computadores dessas empresas. Essas conexões podem ser feitas para disponibilização de ramais da central telefônica corporativa para uma unidade remota e/ou para interconexão entre as centrais corporativas do sistema. Na primeira situação, é possibilitada a comunicação interna para os usuários da abrangência regional da central telefônica corporativa à qual estão se conectando. Na segunda, possibilita a realização de chamadas entre usuários de duas ou mais centrais telefônicas convencionais do sistema de telefonia corporativa. Nessas primeiras inversões das empresas na utilização de tecnologia de telefonia VOIP, as mesmas tendem a utilizar a tecnologia como meio de transmissão, pois suas redes ethernet não possuem equipamentos capazes de suportar aplicações de voz sobre IP num ambiente LAN e, tampouco, pretendem se desfazer dos investimentos feitos sobre a telefonia tradicional. Essa implementação é feita através dos gateways de mídia, compartilhando, assim, a banda dos meios de comunicação com as informações da rede de dados.

No momento em que as empresas precisam expandir, necessitam implantar novos sistemas de telecomunicações e novas redes de computadores. Esses sistemas já começam, então, a ser implantados com serviços de voz e dados integrados. Para Damovo (2005), como a base do sistema telefônico é de tecnologia tradicional, por comutação de circuitos, as empresas adaptam essa base do sistema para aceitar a integração da telefonia VOIP e permitir, assim, a expansão do sistema já na nova tecnologia. Desta forma, as unidades novas, baseadas em tecnologia de telefonia VOIP, se integram a um núcleo do sistema com tecnologia de

telefonia comutada, atendendo às necessidades de expansão e preservando o investimento feito nos sistemas tradicionais. Segundo Damovo (2005), alguns fabricantes de centrais telefônicas tradicionais desenvolveram equipamentos para instalação nessas centrais que permitem à mesma trabalhar com gateways de mídia e com telefones IP, juntamente com a rede de telefonia tradicional. Para isso basta fazer a atualização. Outros fabricantes, porém, forçam os usuário a trocar a central que possuem por uma central híbrida.

De acordo com Damovo (2005), com a melhoria das redes de computadores das empresas, possibilitando o bom funcionamento dos sistemas de telefonia totalmente baseados em IP, com o barateamento dos sistemas de telefonia VOIP, frente aos sistemas de telefonia tradicional, e com a evolução dos seus benefícios financeiros e operacionais, as empresas começam a pensar em migrar o núcleo dos seus sistemas de telefonia, hoje baseados na tecnologia de comutação, para telefonia IP. Segundo Maturo (2005), algumas empresas que estão se instalando no país e projetos novos de grandes grupos atuantes no Brasil, estão investindo em sistemas integrados de comunicação de voz e dados. Esses empreendimentos já nascem utilizando sistemas de telefonia totalmente IP.

A conexão dessas aplicações de telefonia VOIP com o serviço público de telefonia das operadoras de telecomunicações é através da PSTN. Assim, quando conectados à PSTN, passam a ser serviços de telefonia tradicional, por comutação de circuitos.

Para Sposito (2003), as operadoras de telecomunicações estão começando a trabalhar com o serviço de PABX IP, onde a conexão é feita através de *links* de dados (VPN IP ou MPLS). Com isso a rede de telefonia se tornará totalmente IP; seja dentro da empresa ou fora dela, toda a comunicação, desde a origem da chamada até o seu destino, será através de rede IP. Segundo a autora, esses serviços apresentados pelas operadoras seguem duas linhas: a disponibilização da conexão do PABX IP corporativo a um PABX IP da operadora, e a disponibilização do serviço de PABX IP virtual, onde o usuário só precisa comprar os telefones IP e contratar o *link* de comunicação de dados com a operadora.

A adoção de uma nova tecnologia, seja qual for, tem um custo, sendo recomendável a realização de uma análise de investimento.

## **2.8 Análise de investimento**

A análise de investimento é fundamental para se obter informações sobre a rentabilidade e o tempo de retorno dos projetos a serem realizados pela organização. Essa análise é realizada com a utilização de alguns métodos, dos quais destacam-se aqui os mais

utilizados pelas organizações, que são: Período de Recuperação do Investimento (Payback), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Com as informações geradas por esses três métodos de análise de investimentos, para cada projeto, os gestores da organização podem tomar decisões seguras sobre quais investimentos são mais interessantes para a empresa e que devem, portanto, ser implementados.

### 2.8.1 Período de Recuperação do Investimento (Payback)

Para Groppelli e Nikbakht (2002), o Período de Recuperação de Investimento é um método de análise de investimento largamente usado para encontrar quanto tempo demora para que o investimento inicial seja recuperado.

De acordo com Gitman (2002), os períodos de payback são usados como métodos para avaliação de investimentos propostos. Para o autor, corroborando com a idéia de Groppelli e Nikbakht (2002), é o período de tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial de um projeto a partir das entradas de caixas provenientes do mesmo.

Segundo os autores, a empresa deve definir antecipadamente o período-meta de recuperação dos investimentos para permitir a correta avaliação dos resultados do método de payback e tomar a decisão entre aprovar ou rejeitar um projeto.

Assim, o critério de avaliação definido pelos autores é de aprovar os projetos mais atrativos para a empresa e que possuam um período de recuperação do investimento inicial menor ou igual ao período-meta estabelecido.

Groppelli e Nikbakht (2002) descrevem como principais vantagens do método de payback a sua fácil aplicação, devido à simplicidade dos seus cálculos, e o fácil entendimento dos seus resultados.

Como desvantagem os autores destacam o fato desse método não considerar o valor do dinheiro no tempo.

### 2.8.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL), definido por Gitman (2002), é uma técnica que desconta os fluxos de caixa da empresa a uma taxa específica. Essa taxa, chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital, representa o retorno mínimo que deve ser obtido por um projeto, a fim de manter o valor de mercado da organização. Para o autor, por

considerar o valor do dinheiro no tempo, esse método é considerado uma técnica sofisticada de análise de orçamento de capital.

Para Gitman (2002, p.329), o VPL “é obtido subtraindo-se o investimento inicial do valor presente das entradas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo de capital da empresa”.

De acordo com o autor, o VPL é calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{VPL} = \sum_{t=1}^n [\text{FC}/(1+k)^t] - P$$

onde: VPL = Valor Presente Líquido

FC = Fluxo de Caixa

k = Taxa de desconto

t = Período

P = Investimento inicial

Groppelli e Nikbakht (2002, p.138) destacam que “se o valor de um fluxo de caixa futuro de um projeto é maior do que o custo inicial, o projeto deve ser aprovado. Por outro lado, se o valor presente é menor do que o custo inicial, o projeto deve ser rejeitado porque os investidores perderiam dinheiro caso o projeto fosse aceito”.

Para o autor, o método VPL possui três vantagens principais. A primeira é que ele usa fluxos de caixa em vez de lucros líquidos. O fluxo de caixa considera a depreciação como fonte de fundos, pois a depreciação não é um desembolso de caixa no ano em que o ativo é depreciado. A segunda vantagem é o fato desse método reconhecer o valor do dinheiro no tempo. Já a terceira vantagem é que aceitando somente projetos com VPL positivos, a empresa estará aumentando o seu valor de mercado.

Como desvantagem, Groppelli e Nikbakht (2002) destacam que o método VPL assume que a administração da empresa é capaz de fazer previsões dos fluxos de caixa dos anos futuros. Caso a empresa tenha feito previsões erradas, um projeto que era atrativo pode se tornar um péssimo negócio. Assim, quanto maior for o período, maior será o risco envolvido.

### 2.8.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para Gitman (2002, p.330), a Taxa Interna de Retorno (TIR) “é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente

a um projeto". A TIR é, portanto, a taxa de desconto que faz com que o VPL de uma oportunidade de investimento se iguale a zero.

De acordo com o autor, a TIR é calculada usando-se a seguinte fórmula:

$$S 0 = \sum_{t=1}^n \{ [FC_t / (1+TIR)^t] - P \}$$

onde: TIR = Taxa Interna de Retorno

FC = Fluxo de Caixa

t = Taxa de desconto

P = Investimento inicial

Para Groppelli e Nikbakht (2002), as empresas devem definir a taxa mínima de retorno aceitável para seus projetos e, após o cálculo da Taxa Interna de Retorno, caso esta seja maior que a taxa mínima definida, incluir o projeto na lista de projetos recomendados. Se a taxa mínima de retorno definida for o custo do capital, aceitando-se somente os projetos com TIR maior do que essa taxa mínima, a empresa estará aumentando o seu valor de mercado.

Enfim, após descrever os métodos de análise de investimento utilizados para avaliar a atratividade dos investimentos em sistemas de telefonia VOIP, termina-se a revisão da teoria sobre os assuntos abordados nesse estudo de caso, essencial para o desenvolvimento do trabalho.

Nessa parte do trabalho foi possível compreender o que é e como se apresenta a tecnologia de telefonia VOIP. Pode-se identificar o surgimento dessa tecnologia, o seu conceito, o seu funcionamento e o seu desenvolvimento até se tornar a tecnologia que promete substituir os sistemas de telefonia comutada por circuitos, os quais formam atualmente a base dos sistemas telefônicos. Identificaram-se também os elementos que podem afetar a qualidade dos sistemas baseados nessa tecnologia e a importância de trabalhar cada um deles no sentido de garantir um nível de QoS adequado à aplicação de telefonia VOIP. Pode-se identificar as vantagens observadas pelas poucas organizações que utilizam esses sistemas atualmente e identificar, também, potenciais aplicações corporativas para essa tecnologia. Por fim, resgataram-se os conceitos de análise de investimento para permitir identificar a atratividade da aplicação de sistemas de telefonia VOIP na empresa em estudo.

Assim, a fundamentação realizada torna possível fazer o estudo da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC e analisar os benefícios que essa tecnologia pode proporcionar para a empresa.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo, tem-se como objetivo a descrição da metodologia adotada para se desenvolver o presente trabalho de conclusão de estágio. Segundo Mattar (1999, p.66), a metodologia é considerada “o conjunto de métodos, técnicas e instrumentos utilizados em cada etapa do desenvolvimento do trabalho”.

Koche (1997) destaca que o objetivo principal da metodologia é apresentar as características, os métodos de coletas de dados e todas as ferramentas utilizadas neste processo, descrevendo como foram utilizadas.

Para melhor compreensão do processo, dividiu-se a metodologia em etapas, apresentando os seguintes tópicos; caracterização da pesquisa, tipo de pesquisa, coleta de dados, análise de dados e limitações da pesquisa.

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

O presente trabalho de conclusão de estágio possui uma abordagem do tipo qualitativa. Segundo Minayo (1994), a pesquisa qualitativa é o estudo de temas no seu cenário natural, buscando interpretá-los em termos do seu significado assumido pelos indivíduos; para isso, usa uma abordagem sistêmica, que preserva a complexidade do comportamento humano.

Para Mattar (1999), a pesquisa qualitativa é utilizada quando se busca retratar um ambiente de pesquisa que não pode ser quantificado, normalmente procura-se trabalhar com dados mais complexos e que envolvam o elemento humano na pesquisa, tornando inviável a adoção de técnicas quantitativas.

De acordo com Kirk & Miller (apud MATTAR, 1999, p.77), “tecnicamente a pesquisa qualitativa identifica a presença ou ausência de algo, enquanto a quantitativa procura medir o grau em que algo está presente”

Nessa pesquisa buscou-se verificar como a tecnologia de telefonia VOIP pode se integrar às estruturas de telefonia e de rede ethernet da empresa, bem como os ganhos da sua aplicação, de forma a identificar a presença ou a ausência de possibilidades para a sua integração e de ganhos financeiros e operacionais para a CELESC. Durante o trabalho não se teve a intenção de quantificar as formas de integração da tecnologia e os ganhos que a mesma pode proporcionar para a empresa, caracterizando a abordagem qualitativa da pesquisa.

### 3.2 Tipo de pesquisa

Uma pesquisa pode ser classificada de duas maneiras: quanto aos fins e quanto aos meios (Vergara, 1997). Quanto aos fins, a melhor classificação encontrada para a pesquisa aqui desenvolvida foi o tipo exploratória-descritiva, a qual, define-se da seguinte forma:

A investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa. Já a pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação (VERGARA, 1997, p.45).

O estudo teve uma abordagem exploratória, tendo em vista que o objetivo da pesquisa era buscar mais informações sobre o tema abordado, neste caso a tecnologia de telefonia VOIP e as estrutura de telefonia e rede ethernet da CELESC, o que justifica uma pesquisa exploratória através da base conceitual que se encontra disponível para pesquisa.

A pesquisa também possui uma etapa descritiva. Para Mattar (1999), em uma pesquisa descritiva o objetivo é observar, registrar, analisar e comparar fatos e fenômenos observados sem alterações ou manipulações, permitindo também, expor características de uma determinada população ou fenômeno que seja objeto de estudo, procurando correlacionar ou não suas variáveis.

No estudo a etapa descritiva se torna presente no momento em que se procura retratar como integrar a tecnologia de telefonia VOIP na empresa e apresentar os ganhos operacionais e financeiros sob a percepção do pesquisador e de pessoas que foram parte integrante da pesquisa. Nesse sentido, se caracteriza também como proposição de plano, segundo Roesch (1999).

Quanto aos meios de investigação, a pesquisa se classifica como bibliográfica e estudo de caso.

“A pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral” (Vergara, 1997, p.46). Sucintamente, o levantamento bibliográfico corresponde a uma etapa inicial da pesquisa exploratória, pois através deste levantamento é feita a seleção e a documentação de tudo aquilo que foi publicado sobre o assunto pesquisado, permitindo colocar o pesquisador em condições de analisar na organização o tema objeto de estudo. A

pesquisa bibliográfica é um dos meios mais utilizados no meio acadêmico para coletar dados, sendo um veículo muito importante na promoção da pesquisa científica.

A presente pesquisa é classificada como bibliográfica, porque procurou explicar o problema, atendendo os objetivos propostos, através do referencial teórico publicado em livros, artigos e documentos. Toda a bibliografia aqui utilizada é proveniente de livros na área de administração, ciências da computação e telefonia, de documentos obtidos na organização pelo uso da intranet, e de documentos obtidos na internet.

O outro ambiente de pesquisa aqui proposto como meio, é o estudo de caso. Segundo Yin (apud ROESCH, 1999), o estudo de caso é um meio de pesquisa que busca examinar um fenômeno atual dentro de seu contexto, procurando não retratar o passado. A pesquisa buscou examinar o ambiente da empresa, visando descrever como são as estruturas de telefonia e rede ethernet da CELESC, bem como apresentar as aplicações da tecnologia de telefonia VOIP na organização.

Mattar (1999) classifica o estudo de caso como sendo um processo que visa o levantamento das informações em seu ambiente de ocorrência, sendo este ambiente uma amostra de um universo maior, visando com isso, garantir maior profundidade e detalhamento da pesquisa efetuada.

### **3.3 Coleta de dados**

A coleta de dados foi efetuada através da utilização de fontes primárias e secundárias. Para a coleta de dados primária, dois métodos foram utilizados, a observação participante e a entrevista semi-estruturada.

Segundo Roesch (1999), a observação é participante quando o pesquisador possui vínculo com a organização objeto de estudo. Nesta pesquisa optou-se por utilizar a observação simples, onde o pesquisador possuía permissão para observar, entrevistar e pesquisar no ambiente de trabalho.

A observação participante foi realizada diretamente no ambiente de trabalho do pesquisador, o qual faz parte da área de telecomunicações da empresa, que é a área responsável pelos estudos e aplicações da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC. As entrevistas semi-estruturadas foram realizadas com os colaboradores das diversas áreas envolvidas com os estudos e aplicações dessa tecnologia na empresa e seguiu o roteiro de pesquisa apresentado no apêndice A.

Quanto à coleta de dados secundários, foram utilizados documentos, livros, trabalhos acadêmicos, internet e intranet.

A coleta de dados foi realizada no período de elaboração do trabalho, que começou a ser desenvolvido em maio de 2005 e terminou em setembro do mesmo ano. Esse longo período de coleta de dados, coincidiu com o desenvolvimento do projeto e a aplicação em campo da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC.

No processo de coleta foram utilizados fichamentos, anotações em agenda, anotações em mídia eletrônica e gravação de documentos da internet e da intranet da empresa.

### **3.4 Análise de dados**

Após a coleta e organização dos dados, foram realizadas a análise e comparação destes com todo o referencial teórico que serviu de base para a pesquisa. A comparação buscou identificar como estão configuradas a rede de telefonia e a rede ethernet da CELESC, definindo seus pontos fracos e fortes e propondo melhorias quando julgado necessário.

Segundo Roesch (1999), em uma pesquisa qualitativa o pesquisador possui um enorme acervo de informações, as quais deverão ser interpretadas para servirem como informações da pesquisa, justificando assim, a comparação dos dados coletados com o referencial teórico, não sendo adotados métodos estatísticos.

### **3.5 Limitações da pesquisa**

Nesta etapa procura-se retratar todas as dificuldades encontradas pelo pesquisador no decorrer da pesquisa, sendo que algumas destas dificuldades comprometeram a qualidade da pesquisa desenvolvida.

A primeira dificuldade encontrada nessa pesquisa foi a falta de referencial teórico adequado para fundamentar os conceitos das diversas tecnologias citadas no decorrer do trabalho. A falta de livros sobre os assuntos aqui tratados fez com que a pesquisa fosse baseada em material encontrado principalmente na internet, o que dificultou muito a separação do que era válido e do que não era.

Outra dificuldade foi o fato da tecnologia de telefonia VOIP ainda ser pouco utilizada pelas empresas, o que acarreta em poucos registros de casos práticos de aplicações e pouco conhecimento das pessoas sobre essa tecnologia. Os colaboradores da CELESC, envolvidos com redes de computadores e com sistemas telefônicos, não possuem conhecimento

aprofundado sobre os conceitos que envolvem a tecnologia de telefonia VOIP e a sua aplicação no ambiente corporativo.

Deve-se considerar também a escolha do estudo de caso como limitação, pois, tudo o que aqui foi observado, serve única e exclusivamente para a organização objeto de estudo. Mas, ainda assim, permite a comparação do referencial teórico com a realidade das organizações.

Por fim, a utilização da técnica de observação participante pode ser destacada como uma limitação, por se tratar da percepção do pesquisador da realidade organizacional; determinados elementos do indivíduo como caráter, personalidade, cultura, entre outros, podem contribuir para criar um viés nos dados coletados, contribuindo para a criação de incoerências na análise dos dados obtidos.

## **4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

Após a utilização de vários autores referenciando o tema em estudo, e de todo o processo de coleta de dados, chega-se ao momento de analisar e interpretar o ambiente organizacional, tendo por base o que foi apresentado na fundamentação teórica.

### **4.1 Caracterização da Empresa**

A CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina, é uma empresa distribuidora de energia elétrica. Está presente em todas as regiões de Santa Catarina, seja distribuindo para o consumidor final ou para cooperativas de eletrificação, atendendo diretamente a mais de 1.900.000 consumidores.

A sua estrutura física é composta por uma unidade central, 16 agências regionais e escritórios de atendimento ao público em todos os municípios atendidos. Atualmente, do território de Santa Catarina, mais de 90% é atendido pela CELESC.

Trabalham na empresa diretamente 3.600 funcionários, os quais estão lotados de acordo com a necessidade dos locais de atendimento. A empresa conta, também, com pessoal terceirizado atuando basicamente nas funções de conservação e proteção do patrimônio e em funções técnicas de nível operacional, como, por exemplo, manutenção de redes e ligação/corte de consumidores.

A empresa foi constituída por Escritura Pública em janeiro de 1956, em decorrência do Decreto Estadual nº 22, de 09 de dezembro de 1955, e autorizada a funcionar como Empresa de Energia Elétrica pelo Decreto Federal nº 39.015, de 11 de abril de 1956.

Caracteriza-se como uma sociedade por ações, de economia mista, personalidade jurídica de direito privado, com capital aberto na bolsa de valores de São Paulo (BOVESPA), onde possui a classificação em nível 2 de governança corporativa. O Estado de Santa Catarina detém 79,5% das ações ordinárias e 20% do capital total.

A CELESC produz e comercializa energia, com destaque predominante à distribuição. Como indústria de energia elétrica, no contexto de seu mercado, a CELESC gera em torno de 5% das necessidades deste mercado.

O suprimento de energia ao mercado de Santa Catarina é proveniente da geração própria de 12 usinas, e recebimento de outras concessionárias, que são:

- a) Tractebel Energia S/A;
- b) Itaipu Binacional;
- c) Companhia Paranaense de Energia – Copel;
- d) Primo Tedesco S.A;
- e) Cooperativa de Energia Elétrica Santa Maria Ltda – CEESAM;
- f) Indústria e Comércio de Madeiras Ltda – MAFRAS;

Para que ocorra melhor compreensão das características da CELESC, é interessante observar seus objetivos, missão, diretrizes e estrutura.

#### 4.1.1 Objetivos Organizacionais

De acordo com informações da área de planejamento estratégico da CELESC, disponibilizadas para todos os seus funcionários, a empresa tem como objetivos:

- a) executar a política de energia formulada pelo Governo do Estado;
- b) realizar estudos, pesquisas e levantamentos sócio-econômicos, com vistas ao fornecimento de energia, em articulação com os órgãos governamentais próprios;
- c) planejar, projetar, construir e explorar sistemas de produção, transmissão, transporte, armazenamento, transformação, distribuição e comércio de energia, principalmente a elétrica, bem como serviços correlatos;
- d) operar os sistemas diretamente, através de subsidiárias, empresas associadas ou em cooperação;
- e) cobrar tarifas ou taxas correspondentes ao fornecimento de energia, particularmente a elétrica.

#### 4.1.2 Missão e Diretrizes

De acordo com informações disponíveis na *homepage* da CELESC (2005), pode-se dizer que a empresa tem como:

- a) Missão: Garantir energia e serviços para o desenvolvimento sócio-econômico e qualidade de vida, remunerando adequadamente seus acionistas.

b) Diretrizes:

- Garantir energia à sociedade;
- Promover a valorização e o bem estar do corpo funcional;
- Maximizar a remuneração dos acionistas;
- Melhorar a qualidade de fornecimento e comercialização de energia elétrica;
- Contribuir para o desenvolvimento social e conviver de forma harmônica com o meio ambiente.

#### 4.1.3 Estrutura da CELESC

Com base em informações da diretoria de gestão e desenvolvimento da CELESC, identificou-se a estrutura da empresa.

Em 1991, a CELESC passou por uma reestruturação do seu desenho organizacional para atender às suas necessidades operacionais e gerenciais. Isso fez com que a empresa adotasse uma estrutura funcional que possibilitou uma grande redução nos cargos gerenciais, diminuídos os níveis gerenciais de quatro (4) para três (3) na administração central, e os quinze (15) Centros Regionais foram aglutinados, formando sete (7) Departamentos Regionais nas áreas pólos sócio-econômicas do Estado: Florianópolis, Blumenau, Joinville, Lages, Chapecó, Joaçaba, e Tubarão. Ficaram subordinadas a esses departamentos, oito (8) Agências Regionais de Distribuição: Itajaí, Rio do Sul, São Bento do Sul, Mafra, Videira, Criciúma, Concórdia, e São Miguel do Oeste. Essa nova estrutura regional nunca funcionou na prática, por motivos culturais da CELESC e por motivos políticos, pois os municípios que tiveram o nível hierárquico da agência da CELESC rebaixado, reagiram com fortes pressões políticas. Assim, a empresa passou, desde então, a contar com as já tradicionais 15 agências regionais, acrescidas de mais uma, a Agência Regional de Jaraguá do Sul, totalizando 16 agências regionais.

A CELESC apresenta uma estrutura organizacional bastante verticalizada e burocrática, com algumas distorções, como, por exemplo, a existência de um número elevado de assessorias e departamentos que poderiam ser fundidos, tornando a estrutura mais horizontalizada e flexível. As comunicações entre departamentos poderiam ser mais eficazes, assim como a comunicação da Administração Central com as Agências Regionais.

Essa estrutura deverá sofrer alterações fundamentais para a implantação de um modelo administrativo orientado para resultados. A empresa estuda a implantação de mais duas diretorias, uma de comercialização e uma jurídica. Isso acontecerá no sentido de tornar a

empresa mais horizontal e, assim, colocar gerentes de nível institucional mais técnicos. Esses gerentes deverão estar comprometidos com o alcance dos resultados definidos pelo conselho de administração, sendo que a sua avaliação será trimestral.

A divisão da estrutura da empresa, de acordo com os critérios de Mintzberg (2003), é a seguinte:

- a) **Cúpula estratégica:** composta pelo conselho de administração, Presidente Executivo, Diretoria executiva, Conselho de consumidores e Conselho Fiscal. O conselho de administração é formado pelos representantes do acionista majoritário (governo do estado de Santa Catarina) e dos acionistas minoritários, representante dos consumidores e representante dos empregados, e tem caráter deliberativo. A diretoria executiva é formada pelo presidente e por três diretores: diretor técnico, diretor financeiro e diretor de gestão e desenvolvimento organizacional. O conselho fiscal é formado por representantes dos acionistas e tem caráter fiscalizador das ações do conselho administrativo e da diretoria executiva. Por fim, o conselho de consumidores é formado por voluntários clientes da CELESC, e tem a finalidade de defender o interesse dos clientes junto à empresa, auxiliando a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a assegurar serviços de qualidade à sociedade. O conselho de consumidores tem caráter consultivo;
- b) **Linha intermediária:** composta pelos gerentes de departamentos e divisões aos quais os operadores estão subordinados, e que constituem a linha hierárquica da organização;
- c) **Núcleo operacional:** composto pelos outros empregados diretamente responsáveis pelos produtos e serviços. Encontram-se aqui também os colaboradores contratados de empresas terceirizadas que prestam serviços operacionais, como a manutenção dos sistemas elétricos e corte/religamento de energia dos consumidores;
- d) **Assessoria de apoio:** composta pelas assessorias de cada diretoria e de cada departamento;
- e) **Tecnoestrutura:** composta por colaboradores de empresas terceirizadas, responsáveis pelas atividades-meio como xerox, café, limpeza, etc.

## 4.2 A telefonia VOIP na CELESC

A tecnologia de telefonia VOIP começou a ser apresentada para os colaboradores da DVTE (Divisão de Telecomunicações da CELESC) nas diversas feiras de produtos e soluções em telecomunicações, como a TELEXPO (São Paulo) e a FUTURECOM (Florianópolis). Nas suas últimas edições, essas feiras têm dado destaque à apresentação de tecnologias convergentes, ou seja, tecnologias que viabilizam a integração dos serviços de voz, imagem e dados sobre uma única plataforma, que vem sendo padronizada como a topologia lógica de rede Ethernet.

A integração dos serviços de voz, imagem e dados numa mesma rede ethernet gera uma redução dos recursos a serem utilizados para disponibilização desses serviços, o que tem despertado a atenção do mercado.

Nessa idéia de convergência, os maiores desenvolvedores e fabricantes de centrais telefônicas Tradicionais e de ativos de rede, como ERICSSON, AVAYA e CISCO, desenvolveram sistemas de telefonia totalmente baseados na tecnologia de comutação por pacotes, ou seja, sistemas totalmente IP. Esses fabricantes apostam na substituição dos sistemas de telefonia comutada por circuitos (telefonia tradicional) pela telefonia comutada por pacotes (telefonia IP), tendo como base as vantagens apresentadas por essa nova tecnologia sobre a anterior e os dados do crescimento das vendas dos sistemas de telefonia IP sobre as vendas dos sistemas de telefonia tradicional. Assim, esses fabricantes começam a reduzir seus investimentos no desenvolvimento dos sistemas de telefonia tradicional, passando a mudar o foco dos seus investimentos para a nova tecnologia.

Essas informações do mercado de telecomunicações levaram os colaboradores da DVTE a iniciar projetos de testes e aplicações, sobre a planta de telefonia da empresa, de sistemas baseados na tecnologia de telefonia VOIP.

Além disso, surgiram pressões internas para disponibilização de ramais telefônicos, em pequenas unidades da empresa, utilizando a tecnologia de telefonia VOIP. Os colaboradores da área de informática da Agência Regional de São Miguel D'Oeste sugeriram a aplicação de sistemas de telefonia VOIP para atender às necessidades de ramais do almoxarifado subordinado a essa Agência Regional.

Outro fator que motivou o desenvolvimento de projetos aplicando a tecnologia de telefonia VOIP foi a falta de recursos da DVTE para disponibilizar o sistema de telefonia corporativa às diversas unidades da empresa. Assim, para atender a essas unidades, a tecnologia de telefonia VOIP se apresentou como uma solução de menor custo frente às

adotadas anteriormente, sem comprometer a qualidade dos serviços de voz disponibilizados aos seus usuários.

Considerando as motivações, a CELESC começou a estudar a disponibilização do seu sistema de telefonia corporativa a partir da tecnologia de telefonia VOIP. Esses estudos começaram com testes da aplicação dessa tecnologia numa rede ethernet com características semelhantes às encontradas nas diversas instalações que seriam realizadas. Com o resultado satisfatório desses testes, a DVTE iniciou o desenvolvimento de um projeto de implantação dessa tecnologia na planta de telecomunicações da CELESC.

Para evitar problemas maiores com a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP, esta vem sendo realizada primeiramente em unidades da empresa que são menos sensíveis a eventuais problemas, ou seja, aquelas onde o fluxo de ligações telefônicas é reduzido. Isso evita maiores transtornos, no caso de mau funcionamento do sistema, e permite que os colaboradores da DVTE e das outras áreas envolvidas com a instalação e operação desses sistemas desenvolvam seus conhecimentos sobre a tecnologia de telefonia VOIP.

Verifica-se, na CELESC, que a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP não é motivada pela redução do custo das ligações externas, sejam elas interurbanas ou internacionais. Essa redução na conta telefônica é o principal motivador, ou seja, caracteriza-se como um dos principais ganhos da aplicação dessa tecnologia nas empresas. Porém, nas unidades da CELESC onde a DVTE estuda aplicar essa tecnologia, a maior parte das ligações telefônicas são locais. Assim, a telefonia VOIP não trás grandes reduções na conta telefônica, uma vez que para as ligações locais, o sistema de telefonia VOIP não pode gerar nenhuma redução nos custos. A maior redução nos custos das ligações que pode ser observada na CELESC com a aplicação da telefonia VOIP é nas ligações internas, as quais passam a ser realizadas pelo sistema de telefonia corporativa da empresa, porém, não justifica a aplicação da tecnologia.

Observa-se, portanto, que na CELESC a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP será utilizada primeiramente para possibilitar a interligação das diversas unidades da empresa ao seu sistema de telefonia corporativa. Depois, com a preparação das redes de computadores da empresa para permitir a priorização de tráfego entre as aplicações de voz, imagem e dados, a tendência é que a base do sistema de telefonia da empresa migre gradativamente para um sistema híbrido, operando nas duas tecnologias, e, por fim, se tornando um sistema totalmente IP.

Enfim, no desenvolvimento do estudo de caso são apresentadas aplicações da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC e os ganhos que a empresa vem obtendo com essas aplicações, bem como, as estruturas de rede Ethernet e de telefonia corporativa da empresa.

### **4.3 A rede ethernet**

A CELESC possui atualmente uma rede interna (intranet) chamada Celnet. A rede Celnet permite a troca de informações entre todos os servidores, computadores, impressoras e outros ativos de rede conectados à mesma.

De acordo com informações disponíveis na *homepage* da CELESC (2005), disponibilizadas pelo DPTI, a rede Celnet facilita a comunicação entre empregados, Agências Regionais e Sede Administrativa e auxilia o trabalho, disponibilizando vários serviços de seu interesse. Através da Celnet, os empregados da CELESC têm acesso a normas técnicas da empresa, podem ler notícias do setor, informam-se sobre deliberações das diretorias e outras notícias pertinentes à organização. Nessa rede também são disponibilizados os softwares necessários para o trabalho dentro da Empresa. A Celnet é utilizada também para disponibilização de sites dos diversos departamentos da empresa, onde os mesmos disponibilizam informações sobre os trabalhos que desenvolvem e serviços para seus clientes internos.

Essa rede interna é utilizada para transmitir dados administrativos, como informações de faturamento, custos, materiais e recursos humanos e, também, para transmitir dados operacionais como sistema de geo-processamento (Gênesis), sistema de controle e gerência da manutenção (SIMO) e Notas de Reclamações do Call-Center para os Centros de Operação da Distribuição.

A Celnet conecta todas as 16 Agências Regionais à sede Administrativa, sendo que cada regional possui conexão com as pequenas unidades da sua área de abrangência, ou seja, Divisões de operação e manutenção, Agências de distribuição, Lojas de atendimento, SACIs e almoxarifados.

A conexão da rede Celnet entre as diversas unidades da CELESC é realizada com canais de telecomunicações de sistemas próprios e com canais de telecomunicações de operadoras de telecomunicações contratadas. A CELESC possui um sistema de telecomunicações formado por enlaces ópticos e enlaces de rádio, os quais são utilizados para atender as necessidades internas de transmissão de voz e dados (administrativos e operacionais). Onde a empresa não possui canais próprios, contrata de empresas operadoras

de telecomunicações, sendo as principais fornecedoras da CELESC as empresas BrasilTelecom e Embratel, esta fornecendo somente canais de contingência. Os canais próprios de telecomunicações que interligam a sede Administrativa às Agências Regionais são de tecnologia TDM (*Time-Division Multiplexing*), com transmissão síncrona; canais E1 de 2Mbps, conectados aos roteadores da rede Celnet no padrão V.35. Esses canais são conectados como portas de rede WAN, separando e interligando as redes LAN da sede administrativa às LANs das Agências Regionais. Já os canais próprios que atendem às pequenas unidades são extensão da rede LAN da Agência Regional às quais estão subordinadas, utilizando equipamentos Bridges e Conversores de mídia. Os canais de telecomunicações contratados de outras operadoras, como a BrasilTelecom, atual maior fornecedora da CELESC desses serviços, são de tecnologia *frame-relay*, que é baseada na comutação de pacotes. Esses canais também são conectados em portas de rede WAN, dividindo a rede LAN da Agência Regional em diversas sub-redes.

A rede da CELESC é, então, composta de 17 redes LAN de uma mesma sub-rede (1 LAN da sede Administrativa e mais 16 LANs das Agências Regionais) e permite a criação de até 16 sub-redes para conexão das pequenas unidades da abrangência de cada Agência Regional.

A CELESC possui um endereço IP de classe C na internet, permitindo até 256 hosts com IPs válidos, sendo que a empresa não possui toda essa capacidade contratada. O acesso à rede internet é feito através de um servidor proxy, o qual possui um *link* de 2Mbps com a empresa Embratel. A conexão do servidor proxy com a internet é feita com a proteção de um firewall.

A rede interna (intranet), que na CELESC é chamada de Celnet é uma rede de classe A de endereços não válidos na internet, permitindo a conexão de todos os dispositivos de rede da empresa. Os endereços da Celnet estão separados para cada LAN da seguinte forma: endereços 10.0.X.X são da LAN da sede Administrativa, endereços 10.20.X.X são da LAN da Agência Regional de Blumenau e assim por diante. Nessa rede, cada unidade administrativa é definida pelo segundo octeto do endereçamento IP. A máscara de sub-rede utilizada pela Celnet é 255.255.240.0, permitindo até 16 sub-redes, como visto anteriormente.

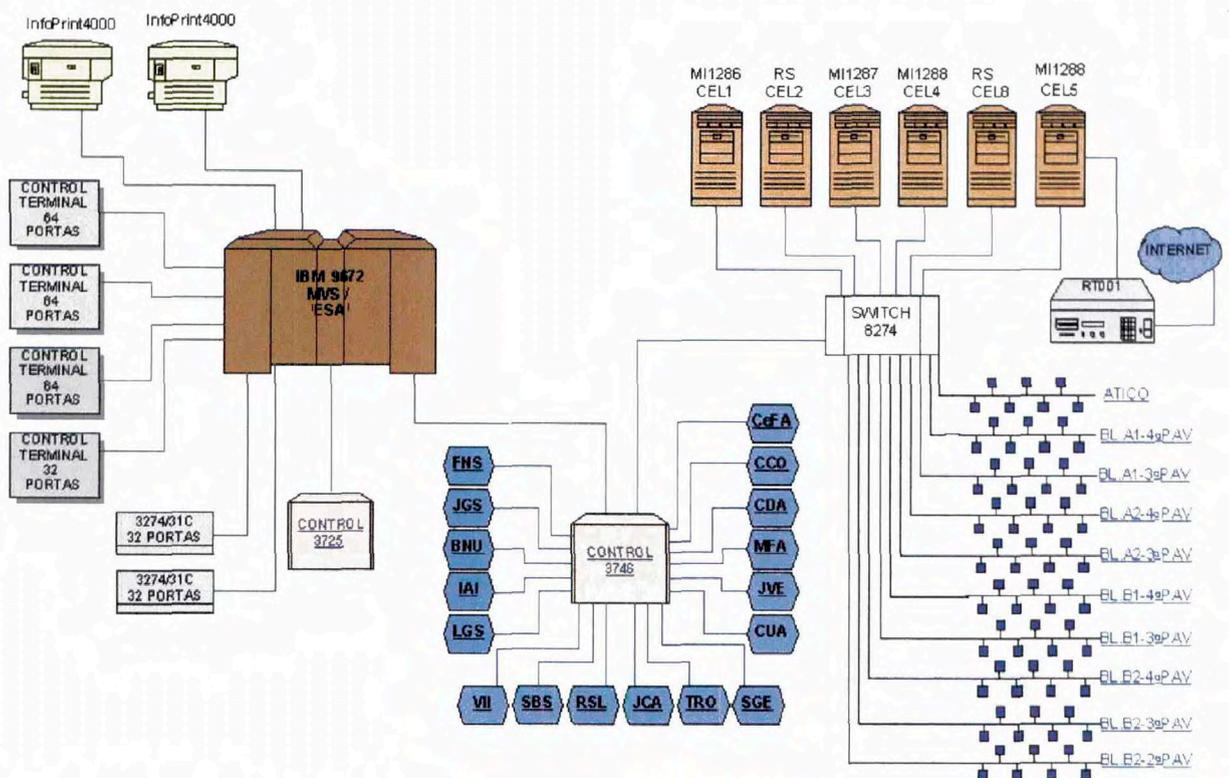
Na Celnet existe um servidor de domínio, que é utilizado para identificar os nomes dados aos endereços IP. Assim, os equipamentos e as conexões WAN da rede que possuem IPs fixos, podem ser identificados através de nomes.

A Celnet possui, também, um servidor DHCP, o qual disponibiliza endereços IP dinâmicos para os equipamentos utilizados pelos usuários da rede, como os micro-

computadores. Esse servidor possibilita o compartilhamento dos IPs livres entre os computadores que não ficam conectados à rede o tempo todo, otimizando o seu uso. Assim, os IPs fixos são utilizados somente para os servidores e para os ativos de rede, como roteadores e switches.

A topologia lógica da rede Celnet é Ethernet, possibilitando a utilização do modelo TCP, o qual é utilizado para disponibilizar de uma maneira integrada todos os serviços de transmissão de dados utilizados pela CELESC. A velocidade de acesso à rede Ethernet da CELESC é, na maior parte dos pontos, de 100Mbps base TX, a qual é chamada de Fast-Ethernet.

A topologia física da rede pode ser visualizada na figura 13. Nessa figura pode-se observar as 16 conexões WAN para as Agências Regionais, os diversos servidores que disponibilizam aplicações na rede, o acesso à internet e o switch router, que faz a interligação total de todos os elementos da rede Celnet.



**Figura 13 – Topologia física da rede ethernet CELESC**  
 Fonte: Departamento de Tecnologia da Informação

Operando numa topologia lógica Ethernet, essa rede segue o modelo OSI e permite a comunicação de todos os dispositivos que seguem esse modelo. A rede Ethernet trabalha nas duas primeiras camadas desse modelo, que são as camadas Física e *Link* de Dados.

Para operar, a rede Celnet utiliza alguns equipamentos essenciais ao seu funcionamento, que são: roteador, switch e hub. Esses ativos de rede permitem a conexão dos diversos equipamentos que utilizam a rede para trocar informações, como servidores, computadores e impressoras.

Os roteadores instalados nos principais pontos da rede Celnet são equipamentos que operam na segunda camada do modelo OSI, o que indica que não conseguem interpretar as informações que estão acima dessa camada. Assim, não conseguem diferenciar, por exemplo, o tipo de aplicação que estão transmitindo. Esses equipamentos não são capazes de ler o quadro Ethernet e identificar se o mesmo transmite uma informação de voz, dados ou vídeo, nem mesmo o protocolo de transporte que está sendo utilizado, seja UDP ou TCP. Esses equipamentos ainda não foram substituídos por equipamentos mais sofisticados porque são equipamentos maiores, com preços elevados e, até o momento, a CELESC não possui aplicações que exijam dos roteadores a operação em camadas superiores do modelo OSI. De acordo com os colaboradores do Setor de Informática da Agência Regional de São Miguel D'Oeste, os roteadores de algumas Agências Regionais já possuem esses recursos e permitiriam a priorização de tráfego, por exemplo.

Os switches instalados nos principais pontos da rede Celnet, como os roteadores, também são equipamentos que operam somente na segunda camada do modelo OSI, sendo incapazes de interpretar as informações alocadas em camadas superiores, o que inviabiliza a priorização do tráfego transmitido por esses equipamentos. Como no caso dos roteadores, algumas Agências Regionais já possuem equipamentos que trabalham nas camadas superiores do modelo OSI, possibilitando a priorização do tráfego de voz sobre o tráfego de dados.

Por fim, a empresa possui muitos hubs, os quais são equipamentos totalmente desprovidos de inteligência, funcionando como simples repetidores e barramentos de conexão. Essa característica torna os hubs equipamentos que não podem ser admitidos numa rede onde existam aplicações que funcionem em tempo real, como transmissão de voz e vídeo. Além disso, quando o número de servidores, computadores e impressoras ligados ao mesmo se torna grande, como é o caso de alguns pontos da rede Celnet, o desempenho da rede cai, devido ao grande número de colisões.

Os equipamentos hubs estão instalados em pequenas unidades da CELESC, nas Agências Regionais e até mesmo na sede Administrativa, indicando a obsolescência da rede Celnet como um todo. Atualmente a empresa está preocupada com esta situação e está com um processo de compra de switch para substituir os hubs instalados nas Agências Regionais e na sede Administrativa. Porém, essa substituição não está sendo motivada por aplicações que

funcionem em tempo real, pois estas ainda não foram implementadas no núcleo da rede Celnet. A substituição dos ativos de rede na CELESC vem sendo motivada pela queda de desempenho dos equipamentos conectados à mesma, o que cria uma insatisfação por parte dos seus usuários.

Observa-se, portanto, que o núcleo da rede Celnet não está preparado para receber aplicações de tempo real, como a tecnologia de telefonia VOIP. Essas aplicações necessitam de Qualidade de Serviço, a qual somente poderá ser garantida quando os equipamentos ativos de rede forem capazes de fazer a priorização do tráfego de voz sobre o tráfego de dados e, definitivamente, quando entre todos os elementos ativos de rede, que conectam a rede a ser utilizada pela tecnologia VOIP, não existir equipamentos hubs.

#### 4.4 O sistema telefônico

O sistema telefônico da CELESC é baseado na tecnologia de comutação de circuitos (telefonia tradicional). A CELESC possui centrais telefônicas do tipo PABX nas suas 16 Agências Regionais, no Centro de Formação e Aperfeiçoamento (CEFA), no Almoxarifado Central (Palhoça) e mais uma na Sede Administrativa.

Essas centrais telefônicas são interligadas com canais de telecomunicações próprios ou contratados da BrasilTelecom, formando um grande sistema de telefonia interno. Esse sistema permite que todos os colaboradores, ligados ao mesmo, possam se comunicar sem utilizar a rede de telefonia pública comutada (PSTN) e é chamado de sistema de telefonia corporativa da CELESC.

Onde a CELESC possui sistemas de telecomunicações próprios, a conexão entre a central da Regional, Almoxarifado ou CEFA e a central da Sede Administrativa, é realizada com a utilização de entroncamento digital E1. Nos casos em que a CELESC não tem sistemas de telecomunicações próprios entre a central da Agência Regional, Almoxarifado ou CEFA e a central da sede Administrativa, a conexão é realizada com a utilização da tecnologia VOIP sobre *frame-relay* (VOIP FR). Essa tecnologia é caracterizada pelo uso do sistema de telefonia comutada por pacotes (VOIP) sobre um *link* de comunicação *frame-relay*, ou seja, é a tecnologia de Voz sobre IP tratada nesse estudo, sendo utilizada nesse caso, somente para transmissão de canais de voz entre uma central e outra do sistema de telefonia corporativa.

Além de serem interligadas, cada uma dessas Centrais está conectada à PSTN através de entroncamentos digitais (canais E1), possibilitando assim, a realização de chamadas externas. Esses entroncamentos E1 servem, também, como rotas de *backup* para a

comunicação interna. No caso de uma conexão entre centrais falhar ou a sua capacidade seja esgotada, as ligações internas são roteadas para a PSTN.

As centrais telefônicas do sistema de telefonia corporativa da CELESC estão configuradas para identificar os números internos da empresa e utilizar a rota de menor custo, ou seja, sempre que existir um *link* do sistema corporativo funcionando, a chamada telefônica interna será realizada por essa rota, considerada de menor custo para a empresa.

Cada uma das centrais telefônicas do sistema corporativo possui um prefixo, o qual é utilizado para realização de chamadas internas pelos colaboradores da organização. Assim, cada ramal dessas centrais telefônicas pode ser conectado através da PSTN ou através do sistema de telefonia corporativa. Caso alguém que esteja na Agência Regional de Blumenau, por exemplo, queira falar com o ramal 5365 da sede Administrativa, pode discar somente o prefixo da central corporativa da sede Administrativa, que é 480, mais o número do ramal 5365 para realizar a ligação, ou seja, basta discar 4805365. Caso uma pessoa esteja ligando de fora da empresa ou mesmo de dentro da empresa, partindo da cidade de Blumenau e utilizando a PSTN, precisaria discar o 0, para rotear o sistema para conexão DDD, mais o código da operadora de longa distância, mais o código de área 48, mais o prefixo 3231, da central telefônica local da PSTN, mais o ramal DDR 5365, ou seja, essa pessoa precisará discar 0XX48 32315365.

No Quadro 2 encontram-se os prefixos das centrais telefônicas corporativas da CELESC, o ramal da telefonista, o tipo de conexão e a capacidade de conexões simultâneas que podem ser realizadas através de cada interligação.

<b>Localidade</b>	<b>Prefixo Corporativo + ramal da telefonista</b>	<b>Tipo de conexão</b>	<b>Capacidade conexões</b>
Ag. Reg. Chapecó	494 5000	VOIP FR	6
Ag. Reg. Blumenau	474 3000	E1	30
Ag. Reg. Concórdia	493 4000	VOIP FR	4
Ag. Reg. Criciúma	485 5000	E1	30
Ag. Reg. Florianópolis	483 8000	E1	30
Ag. Reg. Itajaí	475 2000	E1	30
Ag. Reg. Jaraguá do Sul	473 8600	E1	30
Ag. Reg. Joaçaba	492 5000	VOIP FR	4
Ag. Reg. Joinville	470 7000	E1	30
Ag. Reg. Lages	490 5000	VOIP FR	4
Ag. Reg. Mafra	472 5000	E1	30
Ag. Reg. Rio do Sul	476 5000	VOIP FR	4
Ag. Reg. São Bento do Sul *	471 8000	E1	30
Ag. Reg. São Miguel D'Oeste **	495 3500	E1	30
Ag. Reg. Tubarão	484 4000	E1	30

Ag. Reg. Videira	491 9100	VOIP FR	4
Almoxarifado Palhoça	481 3000	E1	30
CEFA	482 5000	VOIP FR	4
Sede Administrativa	480 5000	E1	30

\* Central telefônica conectada à central da Agência Regional de Mafra.

\*\* Central telefônica conectada à central da Agência Regional de Chapecó.

#### **Quadro 2 – Sistema de Telefonia Corporativa da CELESC**

**Fonte: Elaborado com dados do Departamento de Administração**

Além das centrais telefônicas que formam a base do sistema de telefonia corporativa da empresa, algumas unidades da CELESC contam hoje com linhas LPPs (Linhas Ponto-a-Ponto), as quais, como alguns dos canais de interligação de Centrais, também são contratadas da BrasilTelecom. Essas LPPs disponibilizam a essas unidades, ramais da central telefônica do sistema de telefonia corporativa da Agência Regional à qual estão subordinadas, permitindo assim, que os seus colaboradores tenham acesso aos recursos e facilidades do sistema de telefonia corporativa da empresa.

Assim, quanto mais unidades da CELESC tiverem acesso ao sistema de telefonia corporativa, melhor será a comunicação entre os colaboradores da empresa e menores serão os custos de ligações realizadas entre as mesmas, resultado de um menor número de ligações realizadas a partir da PSTN.

Além de permitir uma melhor comunicação entre os colaboradores da empresa e possibilitar uma redução nos custos totais das ligações das unidades da CELESC, o sistema de telefonia corporativa disponibiliza diversos recursos para os seus usuários.

Com o sistema de telefonia corporativa, os colaboradores podem acessar funções como siga-me, re-chamada, transferência de chamadas e teleconferência. Esse sistema também permite o controle de ponto dos colaboradores e o controle das chamadas realizadas através da PSTN, separando-as em chamadas particulares e chamadas a serviço.

Os controles de chamadas e de ponto dos colaboradores são feitos com o uso de senhas pessoais. Cada colaborador que tem acesso ao sistema de telefonia corporativa possui duas senhas, uma particular e outra de serviço. Assim, quando precisa realizar uma chamada externa, utiliza a senha apropriada (particular ou de serviço) para ter acesso à linha telefônica. O mesmo acontece para o controle de ponto. Ao entrar ou sair da empresa, o colaborador digita a senha de serviço seguida do código de entrada ou saída, registrando o seu ponto no sistema.

Existem, entretanto, muitas unidades da CELESC que não têm acesso ao sistema de telefonia corporativa, sendo atualmente conectadas ao sistema telefônico através de linhas

analógicas da PSTN. Nas unidades de maior porte, as quais possuem um maior número de colaboradores, essas linhas são conectadas na posição tronco de pequenas centrais telefônicas. Já nas unidades de menor porte, as linhas da PSTN são disponibilizadas diretamente nas mesas dos colaboradores.

Configura-se, assim, a estrutura de telefonia da CELESC, a qual é baseada na tecnologia de telefonia tradicional, porém já possui algumas interligações entre Centrais na tecnologia VOIP. Nesse sistema telefônico, observa-se a importância do sistema de telefonia corporativa, formado pela interligação entre as centrais e a disponibilização de ramais das mesmas. Observa-se, também, a existência de algumas unidades da empresa que ainda não estão conectadas ao sistema de telefonia corporativa.

#### **4.5 Aplicações da telefonia VOIP**

De acordo com o Departamento de Tecnologia da Informação (DPTI), os equipamentos ativos de rede principais da rede ethernet da CELESC não suportam aplicações de voz sobre IP. Esses equipamentos ativos de rede não são capazes de garantir a qualidade de serviço (QoS) necessária para o bom funcionamento da telefonia VOIP. Isso acontece porque parte desses equipamentos não conseguem tratar as informações que trafegam sobre eles, não podendo, desta forma, priorizar o tráfego dos pacotes de comunicação de voz sobre o tráfego de dados. Essa limitação de alguns ativos de rede implica diretamente na Qualidade de Serviço que a rede pode fornecer. Quando alguns dos ativos de rede não conseguem priorizar o tráfego dos pacotes de voz, levando em consideração as características do protocolo UDP, utilizado para transmissões em tempo real, ocorre perda de pacotes, o que provoca uma degradação da qualidade da comunicação de voz entre os usuários do sistema de telefonia. Segundo os colaboradores do DPTI, os outros elementos que poderiam afetar a transmissão de voz sobre IP, como Codec, Latência, Jitter e Congestionamento da rede, podem ser administrados.

Outro fator, que foi destacado pelos colaboradores do DPTI, é que os canais de rede WAN para interligação entre as unidades da empresa não foram dimensionados para atender à aplicação de voz sobre IP e, portanto, não possuem capacidade para tal. Para implementação de voz sobre IP entre as unidades principais da empresa, além da troca dos equipamentos ativos de rede, será preciso a ampliação da banda dos *links* de comunicação que interligam essas unidades da empresa. Somente dessa forma a rede poderá garantir QoS para aplicação de telefonia VOIP.

Identifica-se, portanto, que atualmente não é factível a idéia de implementar um sistema de telefonia VOIP nas unidades principais da CELESC, ou seja, onde existem equipamentos incapazes de priorizar o tráfego dos pacotes de voz e os *links* de comunicação não possuem capacidade para suportar essa aplicação.

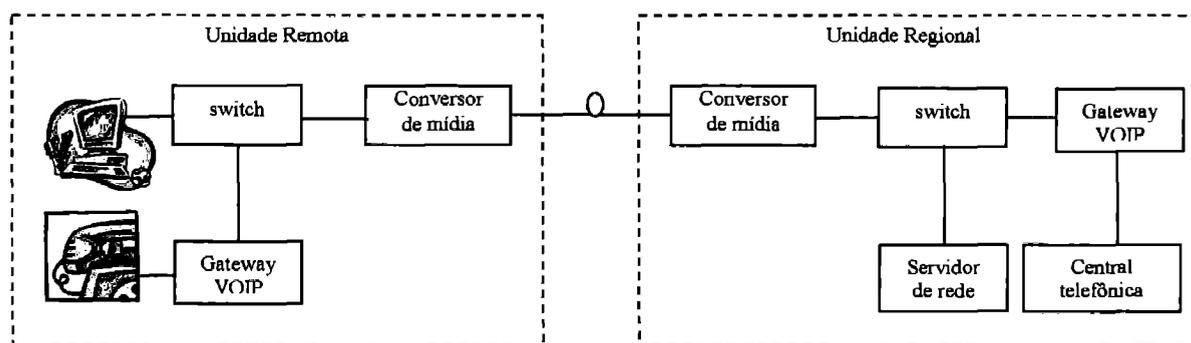
Todas as novas compras de ativos de rede pelo DPTI, em andamento e futuras, segundo informações dos seus colaboradores, já possuem especificações que contemplam somente equipamentos capazes de tratar os pacotes de comunicação num nível do modelo OSI que permite a priorização dos pacotes de voz sobre os pacotes de dados. Assim, a tendência é que, com a renovação da planta dos ativos de rede, seja possível a implementação futura de um sistema de telefonia VOIP sobre o núcleo da rede ethernet da CELESC.

Não existe, porém, um plano para troca ou atualização dos equipamentos atuais a fim de possibilitar a implementação de telefonia VOIP no núcleo da rede ethernet da empresa. Todo o sistema de telefonia corporativa da CELESC é baseado na tecnologia de telefonia tradicional e não existem projetos para troca da base desse sistema por um sistema de telefonia VOIP, o que exigiria atuação do DPTI para troca ou atualização dos equipamentos da rede ethernet. Assim, a atualização e a troca dos equipamentos de rede ethernet da CELESC ocorre por defeitos dos mesmos, necessidade de ampliação da sua capacidade e devido à queda de performance gerada pelo aumento do tráfego de pacotes de dados das diversas aplicações corporativas disponibilizadas pelo DPTI.

É factível, entretanto, ainda de acordo com os colaboradores do DPTI, a aplicação da telefonia VOIP em pequenas unidades da CELESC, onde mesmo que os equipamentos ativos de rede não possuam configurações para QoS, as características gerais da rede permitam uma comunicação que atenda as exigências dos usuários do sistema. Essas características envolvem a capacidade de transmissão da rede, no caso de 100Mbps, e uma quantidade pequena de micro-computadores compartilhando a rede. Assim, a disponibilidade e a confiabilidade da transmissão de voz permanecem em níveis aceitáveis pelo usuário, possibilitando a implementação do sistema de telefonia VOIP.

Algumas dessas pequenas unidades já possuem, inclusive, switches capazes de priorizar tráfego entre portas, o que elimina totalmente a chance de perda de pacotes por concorrência na transmissão com pacotes de dados, caracterizando-se ambiente ideal para aplicação dessa tecnologia.

O atendimento às pequenas unidades com o sistema de telefonia VOIP integrado à estrutura de rede existente pode ser visualizado na figura 14.



**Figura 14 – Atendimento a pequenas unidades da CELESC com telefonia VOIP**

**Fonte: Elaborado com dados da Divisão de Telecomunicações**

A aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na planta de telecomunicações da CELESC é uma idéia recente. A DVTE, após a implantação de fibras ópticas em diversas unidades da empresa, precisava adquirir equipamentos para disponibilizar serviços de voz e dados para essas localidades. Assim, levando em consideração as limitações apresentadas pelo DPTI, deu início, no fim do ano de 2004, a um projeto para implementação de sistemas de telefonia VOIP para as pequenas unidades, as quais se encaixavam no perfil aprovado pelo DPTI. De acordo com os colaboradores da DVTE, os motivos para escolha da tecnologia de telefonia VOIP foram o baixo custo dos equipamentos necessários para implantação, se comparados ao custo dos equipamentos de telefonia comutada, e a oportunidade de conhecer uma tecnologia nova, cogitada como a tecnologia que substituirá a telefonia tradicional.

Em algumas das unidades onde foram feitos estudos da aplicação da telefonia VOIP, a empresa já possui rede de dados de alta capacidade, precisando investir somente nos equipamentos de telefonia VOIP. Já em outras unidades, onde não existe rede ethernet de alta capacidade, a DVTE adquiriu, também, os equipamentos de rede e de telefonia VOIP. Assim, essas localidades, além do sistema de telefonia corporativa, passam a contar com uma rede de dados de alta performance.

Nas conversas entre os integrantes do DPTI e da DVTE foram discutidos todos os elementos que afetam a qualidade da telefonia VOIP e as conclusões foram as seguintes:

- a) Codec: devido à banda de transmissão dessas redes ser de 100Mbps, o Codec a ser adotado será o G.711, que possui maior qualidade e taxa de transmissão de voz de 64Kbps;
- b) Latência: a latência dessas redes fim-a-fim é muito menor que 150ms (recomendação ITU-T), pois existem poucos ativos de rede envolvidos, pela

transmissão ser através de sistemas ópticos e pela baixa utilização de processamento do Codec adotado;

- c) Jitter: a buferização dos ativos de rede e dos gateways de mídia é capaz de eliminar o problema gerado pelo Jitter;
- d) Perda de pacotes por congestionamento: nas redes onde os switches não possuem priorização de tráfego de voz, a taxa de utilização da rede provoca uma perda de pacotes que é aceitável, ou seja, não compromete a qualidade do serviço.

A DVTE, antes da aquisição dos equipamentos de telefonia VOIP, realizou um teste com equipamentos que possuíam as características dos equipamentos que seriam comprados. Nesse teste, os equipamentos foram submetidos a uma condição de operação bem mais severa, em termos de elementos que podem afetar a qualidade do serviço de voz sobre IP, que as condições nas quais terão que operar de fato.

No teste realizado pela DVTE, foram disponibilizados ramais de telefonia corporativa, através de equipamentos de telefonia VOIP numa configuração física idêntica à da figura 14, entretanto, o sistema de telefonia VOIP, nesse caso, estava compartilhando a rede com mais 22 micro-computadores e sem priorização de tráfego de pacotes de voz nos switches.

De acordo com os testes realizados e com os usuários do sistema consultados, os ramais de telefonia corporativa, disponibilizados pelo sistema de telefonia VOIP, funcionaram adequadamente, superando as expectativas, devido à qualidade de sinal e à baixa incidência de picotes na voz. Esses picotes eram esperados em níveis maiores do que foi constatado, devido à perda de pacotes provocada pelo congestionamento de tráfego, o qual é gerado pelos 22 computadores e pelo gateway de mídia VOIP ao compartilhar a porta do switch que dá acesso ao conversor de mídia.

Assim, após o resultado satisfatório dos testes de aplicação dessa tecnologia na planta de telecomunicações da CELESC, a DVTE desenvolveu um projeto de implantação desse sistema. O projeto de implantação da tecnologia de telefonia VOIP, disponibilizando ramais do sistema de telefonia corporativa, engloba dois grupos, o primeiro disponibilizando somente o sistema de telefonia corporativa (rede ethernet de alta capacidade existente) e o segundo disponibilizando o sistema de telefonia corporativa e uma rede de alta capacidade para os usuários das unidades atendidas.

Os dois grupos de aplicações da tecnologia de telefonia VOIP, disponibilizando ramais do sistema de telefonia corporativa da CELESC para pequenas unidades, podem ser visualizados a seguir:

### a) Implantação de telefonia corporativa através de VOIP:

- **Agência Gaspar:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa do Centro de Operação da Distribuição (COD) de Blumenau.

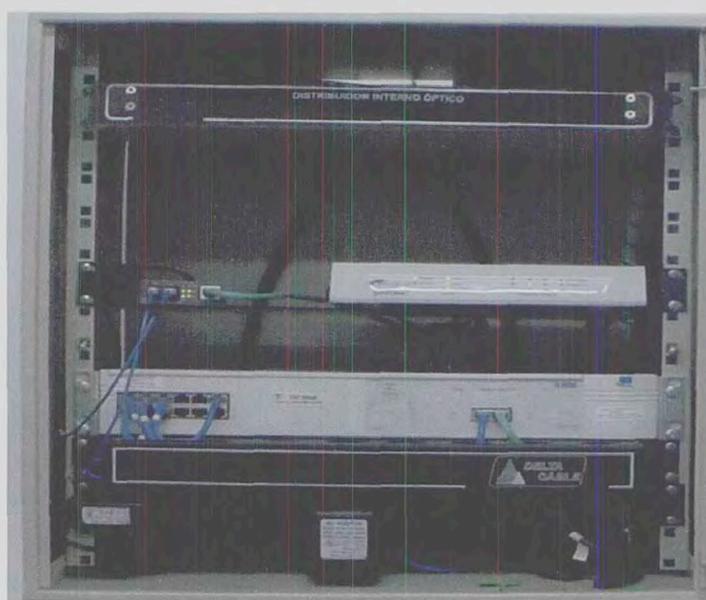
O sistema de telefonia VOIP para atendimento dessa estação foi implantado em setembro de 2005 e pode ser visualizado nas figuras 15 e 16.

Esse sistema foi implantado sobre a LAN da rede Celnet da Agência Regional de Blumenau, utilizando os IPs 10.20.0.90 para o gateway VOIP da Agência Regional de Blumenau e 10.20.0.91 para o gateway VOIP da Agência Gaspar. Na Agência Gaspar o gateway VOIP compartilha a porta de saída do switch para o conversor de mídia com 4 computadores e 1 impressora.

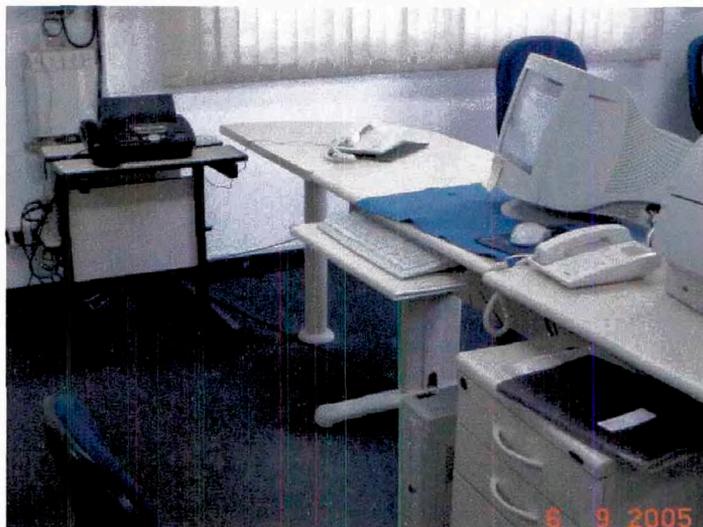
Os ramais disponibilizados para os colaboradores da Agência Gaspar são: 474 3025, 3026, 3027 e 3028, os quais são ramais da central telefônica do sistema de telefonia corporativa de Blumenau.

De acordo com os usuários, a qualidade do sinal de voz apresentada pelo sistema de telefonia VOIP e a sua disponibilidade são satisfatórias.

A qualidade da aplicação VOIP somada ao fato de não existir degrau de tarifação entre as cidades de Gaspar e Blumenau, permitiu a desativação do sistema de telefonia tradicional, que havia sido deixado como segurança por algum tempo.



**Figura 15 – Instalação de gateway VOIP na Agência Gaspar - Equipamentos**  
Fonte: Divisão de Telecomunicações



**Figura 16 – Instalação de gateway VOIP na Agência Gaspar - Visão geral**  
**Fonte: Divisão de Telecomunicações**

- **Almoxarifado de Joinville:** Instalação de 3 ramais VOIP da central telefônica corporativa do COD Joinville. Previsão de implantação: Novembro de 2005.

O equipamento ativo de rede de conexão dos computadores nessa unidade é um hub e está com todas as suas portas ocupadas, devendo ser substituído por um switch com maior número de portas. O DPTI adequará a rede e efetuará a troca do equipamento no mês de outubro de 2005.

- **Almoxarifado de São Miguel D'Oeste:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Regional de São Miguel D'Oeste.

O sistema de telefonia VOIP para atendimento dessa estação foi implantado no mês de agosto de 2005, como pode ser observado nas figuras 17 e 18, encontrando-se em operação.

Esse sistema foi implantado sobre a LAN da rede Celnet da Agência Regional de São Miguel D'Oeste, utilizando os IPs 10.110.0.100 para o gateway VOIP da Agência Regional de São Miguel D'Oeste e 10.110.0.101 para o gateway VOIP do Almoxarifado de São Miguel D'Oeste. No Almoxarifado o gateway VOIP compartilha a porta de saída do switch para o conversor de mídia com 2 computadores e 1 impressora.

Os ramais disponibilizados para os colaboradores do Almoxarifado são: 495 3535, 3536, 3537 e 3538, os quais são ramais da central telefônica do sistema de telefonia corporativa de São Miguel D'Oeste.



**Figura 17 – Instalação VOIP Almoarifado de São Miguel D'Oeste - Equipamentos**  
Fonte: Divisão de Telecomunicações



**Figura 18 – Instalação VOIP Almoarifado de São Miguel D'Oeste - Visão geral**  
Fonte: Divisão de Telecomunicações

De acordo com os usuários, a qualidade do sinal de voz apresentada pelo sistema de telefonia VOIP e a sua disponibilidade são satisfatórias. Para eles, a implantação dos ramais através desse sistema de telefonia VOIP, além de ampliar de uma para quatro as linhas disponibilizadas na unidade, possibilitou, também, o acesso às facilidades da central telefônica do sistema de telefonia corporativa da Agência Regional à qual estão conectados.

- **Loja Campos Novos:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Campos Novos. Previsão de implantação: Janeiro de 2006.

Os equipamentos ativos de rede dessas unidades não suportam aplicações em tempo real. A rede de dados existente opera com hubs e o nível de colisão é elevado, não permitindo o funcionamento do sistema de telefonia VOIP atualmente. Foi solicitado pela DVTE que o DPTI substitua os hubs existentes nessas duas unidades por switches. Essa adequação da rede está prevista para dezembro de 2005 e, portanto, a implantação do sistema de telefonia VOIP para janeiro de 2006.

- **Subestação Concórdia:** Instalação de 2 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Regional de Concórdia. Previsão de implantação: Dezembro de 2005.

Nessa unidade não existe switch para fazer a instalação do equipamento de telefonia VOIP. Assim, a DVTE está aguardando a instalação desse equipamento ativo de rede pelo DPTI, o qual realizará essa atividade no mês de novembro de 2005.

- **Almoxarifado de Concórdia:** Instalação de 2 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Regional de Concórdia. Previsão de implantação: Dezembro de 2005.

Nessa unidade não existe switch para fazer a instalação do equipamento de telefonia VOIP. Assim, a DVTE está aguardando a instalação desse equipamento ativo de rede pelo DPTI, o qual realizará essa atividade no mês de novembro de 2005.

- **Loja de Balneário Camboriú:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Regional de Itajaí. Previsão de implantação: Novembro de 2005.

O equipamento ativo de rede de conexão dos computadores nessa unidade é um hub que está com todas as suas portas ocupadas, devendo ser substituído por um switch com maior número de portas. O DPTI adequará a rede e efetuará a troca do equipamento no mês de outubro de 2005.

- **Subestação Videira:** Instalação de 2 ramais VOIP da central telefônica corporativa da Agência Regional de Videira. Previsão de implantação: Dezembro de 2005.

Nessa unidade não existe switch para fazer a instalação do equipamento de telefonia VOIP e, portanto, a DVTE está aguardando a instalação desse equipamento ativo de rede pelo DPTI, o qual realizará essa atividade no mês de novembro de 2005.

**b) Implantação de telefonia corporativa através de VOIP e rede de alta capacidade:**

- **Agência Rodeio:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa do COD Blumenau. Previsão de implantação: Março de 2006.

- **Agência Apiúna:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa do COD Blumenau. Previsão de implantação: Março de 2006.

- **Agência Pomerode:** Instalação de 4 ramais VOIP da central telefônica corporativa do COD Blumenau. Previsão de implantação: Março de 2006.

Para as unidades de Rodeio, Apiúna e Pomerode a DVTE está aguardando a implantação do cabo óptico sobre as linhas de transmissão de energia entre as subestações de Blumenau e Rio do Sul, bem como, as suas derivações para essas cidades. A implantação desse cabo está prevista para janeiro de 2006.

- **Loja Iririú:** Instalação de 3 ramais VOIP da central telefônica corporativa do COD Joinville. Previsão de implantação: Janeiro de 2006.

A Loja de atendimento está sendo transferida de local e ainda não está definido o seu novo endereço. A previsão para realização dessa transferência é até dezembro de 2005 e, portanto, o sistema de telefonia VOIP, bem como a rede de alta capacidade, serão implantados no mês de janeiro de 2006.

Segundo os colaboradores do Departamento de Administração (DPAD), responsáveis pelo sistema de telefonia corporativa da CELESC, outra aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC é a VOIP sobre *frame-relay*, que é disponibilizada pela BrasilTelecom. Nesse serviço, a Brasil Telecom fornece ramais telefônicos entre unidades da CELESC utilizando roteadores e serviços de *links* de transmissão de dados *frame-relay*. Assim, a CELESC, a partir de um estudo de tráfego da rede de telefonia, identificou a necessidade de conexões para atender à demanda dos usuários. Com essas informações, contratou com a Brasil Telecom esse serviço de VOIP sobre *frame-relay*. Esses ramais de voz sobre *frame-relay* possuem um valor fixo mensal e, por trabalharem na tecnologia de comutação por pacotes, exigem menos capacidade da rede de telecomunicações da operadora, sendo, portanto, mais baratos que os canais comutados por circuitos.

Com essas interligações através de VOIP sobre *frame-relay*, todas as ligações telefônicas internas entre as unidades da empresa, que estão conectadas ao sistema de telefonia corporativa, não possuem nenhum custo adicional.

Além disso, de acordo com os colaboradores do DPAD, no caso de todas as conexões de VOIP estarem ocupadas, o sistema realiza a chamada através do sistema da PSTN, não gerando nenhum transtorno para os usuários.

A aplicação de VOIP sobre *frame-relay* está sendo estudada pela DVTE para aplicação em algumas pequenas unidades, como Agências de Distribuição da área de abrangência da Agência Regional de São Miguel D'Oeste. Essa implementação é possível, pois, segundo as pessoas que trabalham no setor de informática dessa Agência, os roteadores e switches que possuem conseguem priorizar o tráfego de voz na rede, garantindo o QoS para a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP. Para essas implantações serão necessárias somente a aquisição de gateways de mídia VOIP e a ampliação da banda dos canais *frame-relay* de acordo com o número de canais a serem disponibilizados em cada unidade e de acordo com o codec a ser utilizado.

Uma aplicação futura da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC, que começa a ser estudada pela DVTE, são os sistemas compartilhando tecnologia de telefonia comutada por circuitos (telefonia tradicional) e de telefonia comutada por pacotes (telefonia VOIP). A maior parte das centrais telefônicas do sistema de telefonia corporativa da CELESC são do fabricante Ericsson, modelo MD 110, o qual permite atualização para operar com telefonia VOIP. Para isso, basta adicionar um cartão para aplicação VOIP no módulo da central e instalar os softwares necessários para prover essa nova tecnologia. Além disso, todas as centrais telefônicas que forem adquiridas pela CELESC, deverão funcionar com as tecnologias de telefonia tradicional e de telefonia VOIP.

As centrais telefônicas tradicionais, que funcionam também como PABX IP, serão conectadas à rede ethernet da empresa e permitirão a instalação direta de gateways de mídia ou telefones IPs nas unidades remotas, eliminando a necessidade de um gateway de mídia junto à central. Assim, eliminam, também, muitos problemas que ocorrem na identificação e no envio de sinalização entre o gateway de mídia e a central telefônica.

A empresa Ericsson sugeriu, em apresentação dos sistemas de telefonia VOIP (informação verbal), um projeto piloto de atualização de uma das centrais telefônicas da CELESC para operar também como PABX IP, disponibilizando assim, além dos serviços de telefonia já implantados, ramais telefônicos para unidades remotas utilizando a tecnologia de telefonia VOIP.

A importância de se migrar para centrais híbridas e não migrar direto para PABX IP, está no fato de a empresa possuir um sistema telefônico de grande porte e, conseqüentemente, de alto valor. Além disso, esse sistema possui uma excelente qualidade e, portanto, não é interessante para a empresa investir em outro sistema para oferecer aos usuários basicamente os mesmos serviços de que já dispõem hoje, deixando de lado o investimento feito no sistema telefônico atual.

Assim, com a implementação de novas centrais que operem também como PABX IP e a atualização das Centrais MD 110, a DVTE poderá implantar sistemas de telefonia totalmente IP nas suas unidades novas.

Entretanto, não se pode esquecer que qualquer implementação de telefonia VOIP requer qualidade de serviço, e que grande parte dos ativos da rede Celnet não são capazes de priorizar o tráfego de voz sobre o tráfego de dados, inviabilizando a implantação desses sistemas onde ainda existirem esses equipamentos.

#### **4.6 Ganhos da aplicação da telefonia VOIP**

A CELESC é uma empresa de mercado e tem por objetivo gerar lucros para todos os seus investidores. É fundamental, portanto, que qualquer projeto que venha a ser aplicado na organização gere benefícios que tragam resultados diretos ou indiretos para a empresa.

Nesse estudo, os benefícios gerados pela aplicação da tecnologia de telefonia VOIP foram separados em Ganhos Financeiros e Ganhos Operacionais, os quais são trabalhados a seguir.

##### **4.6.1 Ganhos financeiros**

A aplicação da tecnologia de telefonia VOIP apresenta diversos ganhos financeiros, os quais foram analisados neste estudo.

O primeiro ganho financeiro da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP observado é a redução dos custos de manutenção, que começa na redução e posterior eliminação da necessidade de treinamento para tecnologias totalmente distintas, permitindo, também, que os recursos financeiros sejam melhor aproveitados pela empresa na formação do pessoal da área de manutenção, quando concentrados numa mesma tecnologia.

Outra questão que afeta diretamente os custos de manutenção, reduzindo-os quando da aplicação dessa tecnologia, é a integração das equipes de manutenção da área de redes de

computadores e de sistemas telefônicos, o que permite uma redução do número de pessoas alocadas para atender essas necessidades ou, no caso da CELESC, um melhor atendimento aos usuários dos sistemas, uma vez que as equipes de manutenção estão muito reduzidas e não atendem, a contento, às necessidades de manutenção dos sistemas telefônicos e das redes de computadores da empresa.

Além disso, a integração das equipes de manutenção, das áreas de rede de computadores e de sistemas telefônicos, pode gerar a redução de materiais e equipamentos necessários para a realização da manutenção desses sistemas, sejam sobressalentes ou instrumentos e ferramentas, tendo em vista a utilização de uma rede única para os dois sistemas.

Outro ganho financeiro observado é a redução do valor das contas telefônicas das unidades da empresa onde o sistema de telefonia VOIP está sendo implantado. Todas as ligações internas entre colaboradores da CELESC, a partir da disponibilização dos ramais da central telefônica do sistema de telefonia corporativa, usando esse sistema, não terão nenhum custo além do investimento inicial já realizado. Isso porque, as ligações dessas unidades com as demais unidades da empresa, a partir da sua aplicação, são realizadas usando a rede de telefonia interna, sem precisar sair para a PSTN.

Essa redução do valor das contas telefônicas das unidades da CELESC ainda não pode ser levantada e analisada, tendo em vista que o sistema foi implantado somente em duas unidades (Agência Gaspar e Almoxarifado de São Miguel D'Oeste), e que nessas o sistema de telefonia corporativa já havia sido disponibilizado com a implantação de linhas LPPs da BrasilTelecom. Com a implantação do sistema de telefonia VOIP, a CELESC transferiu os canais de voz para esse sistema e desativou as linhas da BrasilTelecom.

É importante destacar que cada unidade da CELESC possui características diferentes com relação ao fluxo de chamadas e, assim, é necessário estudar cada um dos casos para identificar o quanto pode ser reduzido o valor da conta telefônica com a implantação desses sistemas na empresa.

A DVTE está buscando identificar, junto aos responsáveis nas Agências Regionais, o potencial valor de redução da conta telefônica das diversas unidades regionais, a fim de viabilizar novos projetos de implantação do sistema de telefonia VOIP.

Porém, nos projetos em implantação a redução de valor da conta telefônica não foi critério utilizado para justificar a instalação do sistema de telefonia VOIP, uma vez que as estações envolvidas no projeto já possuem linhas LPPs contratadas com a BrasilTelecom, ou porque o fluxo de chamadas é basicamente local, que tem custo muito baixo.

Os ganhos financeiros que a DVTE está levando em consideração para justificar os investimentos na tecnologia de telefonia VOIP são os custos das LPPs, que são desativadas com a instalação do sistema de telefonia VOIP, e a redução no valor dos investimentos quando da substituição de equipamentos multiplexadores por equipamentos de telefonia VOIP.

Com base nas informações de compras, realizadas pela empresa no primeiro semestre de 2005, foram levantados os valores de investimento para disponibilizar rede IP, telefonia corporativa pelo sistema tradicional e telefonia corporativa pelo sistema VOIP.

Esses investimentos representam o valor necessário para disponibilização de rede IP para acesso de micro-computadores e periféricos, e disponibilização de até 4 ramais de telefonia corporativa ou até 4 troncos para conexão entre centrais telefônicas.

Para que se possa fazer a análise do ganho financeiro gerado pela aplicação da tecnologia de telefonia VOIP em substituição aos multiplexadores (telefonia tradicional), é necessário destacar o valor dos investimentos para a aplicação de cada uma dessas tecnologias.

Desta forma, são listados a seguir os valores correspondentes ao investimento necessário e seus detalhamentos, para disponibilizar rede IP de alta capacidade em unidades que ainda não possuem esse recurso, o qual é fundamental para aplicação do sistema de telefonia VOIP, e para disponibilizar o acesso ao sistema de telefonia corporativa da empresa através das tecnologias tradicional e VOIP:

a) Investimento para extensão da rede IP de alta capacidade até unidades ainda não atendidas:

- Transmissão: Conversores de mídia (Ethernet – Óptico) = R\$ 1.500,00;
- Ativos de rede: switch com QoS Layer 3 = R\$ 3.000,00;
- Miscelâneos (cabos de rede Cat 5e, cordões ópticos e conectores) = R\$ 500,00.
- Valor total do investimento = 5.000,00

b) Investimento para extensão do sistema de telefonia corporativa até unidades ainda não atendidas, utilizando comutação por circuitos (Telefonia tradicional):

- Equipamentos (multiplexadores) = R\$ 18.000,00;
- Miscelâneos (cabos cordões ópticos e conectores) = 500,00.
- Valor total do investimento = 18.500,00

c) Investimento para extensão do sistema de telefonia corporativa até unidades ainda não atendidas, utilizando comutação por pacotes (Telefonia VOIP):

- Equipamentos (gateways de voz) = R\$ 3.000,00;
- Miscelâneos (cabos e conectores) = R\$ 100,00.
- Valor total do investimento = 3.100,00

Existem, assim, duas opções de atendimento às pequenas unidades da empresa. A primeira prevê a disponibilização dos sistemas de telefonia e dados separados, utilizando a tecnologia de telefonia tradicional através de multiplexadores. O segundo prevê a disponibilização dos sistemas de telefonia e dados integrados numa única plataforma (rede ethernet), utilizando gateways VOIP.

A seguir são destacados os valores de investimento das duas opções apresentadas:

a) Rede IP + Telefonia corporativa (telefonia tradicional):

$$\text{R\$ } 5.000,00 + \text{R\$ } 18.500,00 = \text{R\$ } 23.500,00$$

b) Rede IP + Telefonia corporativa (telefonia VOIP):

$$\text{R\$ } 5.000,00 + \text{R\$ } 3.100,00 = 8.100,00$$

Assim, observa-se que a implantação de rede IP mais telefonia corporativa através de telefonia VOIP representa somente 34,5%  $[(8.100/23.500)*100]$  do investimento que seria necessário para implantação de rede IP + telefonia tradicional, ou seja, uma redução de 65,5% no valor do investimento.

Levando em consideração que muitas das unidades onde será disponibilizado o sistema de telefonia corporativa já possuem uma rede IP de alta capacidade instalada, a implantação do sistema de telefonia VOIP representa 16,8%  $[(3.100/18.500)*100]$  do investimento que seria necessário para implantação de telefonia tradicional, representando uma redução de 83,2% do valor do investimento.

Identifica-se, portanto, uma redução considerável dos investimentos necessários para a implantação dos mesmos serviços, ou seja, a disponibilização de ramais da central telefônica do sistema de telefonia corporativa, quando utilizada a tecnologia de telefonia VOIP em substituição à tecnologia de telefonia tradicional.

Porém, além de observar essa redução considerável nos investimentos necessários para disponibilizar a tecnologia de telefonia VOIP em substituição aos multiplexadores, é

importante fazer a análise da rentabilidade e do tempo de retorno dos investimentos antes da sua realização.

A análise de investimento realizada leva em consideração o fato de que cada unidade da empresa, para ser atendida com ramais do sistema de telefonia corporativa, precisa de linhas LPPs interligando essa unidade à central telefônica do sistema de telefonia corporativa da Agência Regional à qual está subordinada. Esses canais, onde a CELESC não possui sistemas próprios de telecomunicações, precisam ser contratados com uma operadora de telecomunicações. Desta forma, os custos mensais de contratação dessas linhas devem ser caracterizados como entradas de caixa do projeto.

Outros custos, que deverão ser considerados como entradas de caixa, são os custos mensais dos canais de dados que são contratados com operadoras de telecomunicações, onde a CELESC não possui sistemas próprios de telecomunicações. Isso porque, quando a CELESC realiza investimento em sistemas de telecomunicações para atender uma determinada unidade, tem a idéia de disponibilizar todos os serviços dos quais essa unidade necessita.

Para disponibilizar sistemas de telecomunicações próprios em uma de suas unidades, a CELESC precisa implantar, além dos equipamentos das aplicações de voz e dados, o meio de transmissão dessas informações. Na CELESC, os meios de transmissão utilizados para disponibilizar os serviços dos quais os usuários necessitam podem ser enlaces de rádio ou enlaces ópticos. Esses meios de transmissão representam a maior parte dos investimentos realizados para disponibilizar o sistema próprio de telecomunicações em uma unidade da empresa.

No caso do projeto de implantação de sistemas de telecomunicações, através da tecnologia de telefonia VOIP, todos os meios de transmissão a serem trabalhados são enlaces ópticos. Para que esses enlaces ópticos sejam implementados, faz-se necessária a implantação de cabos ópticos entre as unidades da empresa. Esses cabos ópticos têm como meta principal atender às necessidades de comunicação das subestações da empresa, porém, como passam pelas cidades onde existem também unidades administrativas, a DVTE faz derivações dos mesmos para atendê-las. Desta forma, fica difícil precisar o valor do investimento em cabos ópticos necessário para atender as unidades administrativas da empresa, sendo necessário adotar um critério de rateio. Assim, adotou-se como critério para cálculo do valor desse investimento em cabos ópticos para as unidades administrativas da empresa, o valor da derivação e da terminação necessária ao seu atendimento.

A taxa mínima de retorno adotada para análise dos investimentos foi a taxa CDI (Certificado de Depósito Interfinanceiro) Over, no valor de 2,11% referente ao mês de setembro de 2005, de acordo com informações da CMA, divulgadas no site INVERTIA (2005).

O tempo de retorno do projeto para fins dessa análise dos investimentos foi de 3 anos (36 meses), o que caracteriza um retorno de médio prazo para o capital investido no projeto.

Assim, apresenta-se a seguir a análise de investimento dos projetos de implantação de sistemas de telefonia VOIP e rede de computadores de alta capacidade para a Agência Gaspar e para o Almoarifado de São Miguel D'Oeste, os quais já foram implementados pela CELESC, conforme visto anteriormente.

A análise de investimento da Agência Gaspar apresenta os seguintes resultados:

a) Fluxo de caixa:

- Entradas de caixa (valor mensal):

- Custo de 4 linhas LPPs com tarifação local: R\$ 1.200,00
- Custo de um canal de dados *frame-relay* de 128Kbps: R\$ 500,00
- Valor total das entradas de caixa = R\$ 1.700,00

- Saída de caixa (Investimento inicial):

- Transmissão: Conversores de mídia (Ethernet – Óptico) = R\$ 1.500,00;
- Ativos de rede: switch 24 portas com QoS Layer 3 = R\$ 3.000,00;
- Equipamentos (gateways de voz) = R\$ 3.000,00;
- Miscelâneos (cabos, cordões ópticos e conectores) = R\$ 600,00.
- Implantação de cabo óptico: R\$ 10.000,00
- Valor total do investimento = 18.100,00

b) Cálculo do tempo de payback:

- Payback =  $18.100,00 / 1.700,00$
- Payback = 10 meses e 19 dias

Considerando o tempo de retorno exigido pela CELESC como 36 meses, o projeto deve ser aprovado, segundo o método de payback.

c) Cálculo do VPL (usando a calculadora HP):

- $CF_0 = R\$ -18.100,00$
- $CF_j = R\$ 1.700,00$

$$N_j = 36 \text{ meses}$$

$$i = 2,11\% \text{ ao mês}$$

$$VPL = R\$ 24.475,29$$

O valor positivo do VPL indica que o projeto deve ser aprovado.

d) Cálculo da Taxa Interna de Retorno (usando a calculadora HP):

$$Cfo = -18.100,00$$

$$CF_j = R\$ 1.700,00$$

$$N_j = 36 \text{ meses}$$

$$TIR = 8,97\% \text{ ao mês}$$

Considerando a taxa mínima de retorno adotada pela empresa de 2,11% ao mês, o projeto deve ser aprovado.

Para o Almojarifado de São Miguel D'Oeste, os resultados alcançados são os seguintes:

a) Fluxo de caixa:

- Entradas de caixa (valor mensal):

- Custo de 4 linhas LPPs com tarifação local: R\$ 1.200,00

- Custo de um canal de dados *frame-relay* de 128Kbps: R\$ 500,00

- Valor total das entradas de caixa = R\$ 1.700,00

- Saída de caixa (Investimento inicial):

- Transmissão: Conversores de mídia (Ethernet – Óptico) = R\$ 1.500,00;

- Ativos de rede: switch 24 portas com QoS Layer 3 = R\$ 3.000,00;

- Equipamentos (gateways de voz) = R\$ 3.000,00;

- Miscelâneos (cabos, cordões ópticos e conectores) = R\$ 600,00.

- Implantação de cabo óptico: R\$ 30.000,00

- Valor total do investimento = 38.100,00

b) Cálculo do tempo de payback:

- Payback =  $38.100,00 / 1.700,00$

- Payaback = 22 meses e 12 dias

Considerando o tempo de retorno exigido pela CELESC como 36 meses, o projeto deve ser aprovado, segundo o método de payback.

c) Cálculo do VPL (usando a calculadora HP):

$$CF_0 = R\$ - 38.100,00$$

$$CF_j = R\$ 1.700,00$$

$$N_j = 36 \text{ meses}$$

$$i = 2,11\% \text{ ao mês}$$

$$VPL = R\$ 4.475,29$$

O valor positivo do VPL indica que o projeto deve ser aprovado.

d) Cálculo da Taxa Interna de Retorno (usando a calculadora HP):

$$Cfo = -38.100,00$$

$$CF_j = R\$ 1.700,00$$

$$N_j = 36 \text{ meses}$$

$$TIR = 2,83\% \text{ ao mês}$$

Considerando a taxa mínima de retorno adotada pela empresa de 2,11% ao mês, o projeto deve ser aprovado.

Para as outras unidades da empresa, onde os projetos ainda não foram implantados, foram realizados os mesmos cálculos para análise de investimento, porém, para não se tornar repetitivo, optou-se por apresentar somente os resultados, os quais podem ser visualizados no quadro 3.

Unidade	Payback (meses)	VPL (R\$)	TIR (% ao mês)
Agência Apiúna	14	19.475,29	6,63
Agência Pomerode	22	4.475,29	2,83
Agência Rodeio	19	9.475,29	3,79
Almoxarifado Concórdia	21	4.448,72	3,26
Almoxarifado Joinville	13	16.962,00	7,07
Loja Balneário Camboriú	11	24.475,29	8,97
Loja Campos Novos	11	24.475,29	8,97
Loja Iriirú	13	16.962,00	7,07
Subestação Concórdia	21	4.448,72	3,26
Subestação Videira	21	4.448,72	3,26

**Quadro 3 – Cálculo do tempo de retorno e da rentabilidade dos investimentos**

Fonte: Elaborado com dados da DVTE

Verifica-se, portanto, que os dois projetos de aplicação da telefonia VOIP implementados pela CELESC, tanto em Gaspar quanto em São Miguel D'Oeste, e os projetos que serão implementados pela empresa, de acordo com previsões disponibilizadas anteriormente, apresentam uma rentabilidade maior que a rentabilidade mínima e um tempo de retorno dos investimentos menor do que o tempo de retorno máximo definidos pela empresa. Isso mostra a viabilidade financeira dos projetos de implantação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC, os quais, de acordo com as análises realizadas, estão aumentando o valor de mercado da organização.

#### 4.6.2 Ganhos operacionais

A aplicação da tecnologia de telefonia VOIP permite à CELESC obter diversos ganhos operacionais, os quais são analisados neste estudo.

O primeiro ganho operacional da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC, que pode ser observado, é a integração das equipes de manutenção das redes de computadores e dos sistemas telefônicos.

Atualmente a CELESC possui uma equipe de manutenção de sistemas telefônicos muito reduzida, composta de somente 3 colaboradores, os quais estão alocados na Sede Administrativa. Dessa forma, devido ao quadro reduzido, grande parte das atividades de manutenção nos sistemas telefônicos da CELESC são realizadas por profissionais de empresas terceirizadas.

Já a equipe de manutenção das redes de computadores é maior e descentralizada. Todas as Agências Regionais da empresa possuem um setor de informática, o qual é responsável pelas instalações e manutenção das redes de computadores da sua área de abrangência.

Com a integração das redes de computadores e sistemas telefônicos será possível capacitar o pessoal que hoje trabalha na manutenção das redes de computadores para fazer, também, a manutenção dos sistemas telefônicos que utilizam tecnologia de telefonia VOIP.

O segundo ganho operacional observado pela aplicação dessa tecnologia na empresa é a melhoria da comunicação entre os colaboradores da organização, isso porque a utilização desses sistemas possibilita o acesso dos seus usuários ao sistema de telefonia corporativa da organização, permitindo que cada colaborador possa falar o tempo que quiser e quantas vezes precisar, sem se preocupar com a conta telefônica. Assim, a comunicação entre os

colaboradores não apresenta mais a restrição imposta pelos custos das ligações através da PSTN.

Por fim, o terceiro ganho operacional que foi identificado é a disponibilização dos recursos da central telefônica do sistema de telefonia corporativa aos usuários do sistema.

O acesso ao sistema de telefonia corporativa, proporcionado pela aplicação da tecnologia de telefonia VOIP, disponibiliza aos usuários do sistema todos os recursos da central telefônica à qual estão conectados. Com esses recursos, cada colaborador pode fazer o uso das funções siga-me, re-chamada, transferência de chamadas e teleconferência.

Além disso, o acesso à central telefônica corporativa e a eliminação de ramais ligados diretamente à PSTN, os quais não passam pelo sistema de telefonia corporativa, permite, também, o controle de chamadas telefônicas particulares e de serviço. Assim, o administrador da unidade pode ter um melhor controle sobre as ligações efetuadas pelos seus colaboradores.

Outra facilidade que o acesso à central corporativa permite é o controle de frequência dos colaboradores da empresa. O sistema telefônico corporativo da CELESC possui um recurso de controle de ponto dos funcionários através de uma senha pessoal, a qual é digitada no telefone para o registro dos horários de entrada e saída.

Assim, a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP pode gerar uma melhor utilização da força de trabalho, quando da integração das equipes de manutenção das duas áreas, gera uma melhoria na comunicação entre os colaboradores da organização e permite que os usuários do sistema tenham acesso aos recursos das centrais telefônicas do sistema de telefonia corporativa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo identificar os benefícios que a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP pode proporcionar para a CELESC. Esse objetivo foi alcançado ao longo do estudo ao avaliar como essa tecnologia pode se integrar à estrutura de rede ethernet e de telefonia da empresa e ao apresentar os ganhos financeiros e operacionais da sua aplicação. Para isso, foi preciso identificar essas estruturas de rede ethernet e do sistema telefônico e descrever o que é e como se apresenta a tecnologia de telefonia VOIP.

Quanto à tecnologia VOIP, verificou-se que se apresenta como uma tendência de mercado. Isso acontece devido à disseminação do conceito de redes convergentes que, ao integrar serviços de voz, imagem e dados, geram uma redução nos custos das organizações, pois passam a usar de forma maximizada a capacidade e os recursos dessa rede. Nos sistemas que não são integrados, cada um dos serviços possui uma estrutura independente, gerando perda de recursos financeiros e operacionais. Além disso, o sistema telefônico tradicional é baseado na comutação de circuito, o que significa destinar um canal exclusivo para a realização da chamada telefônica. Essa característica torna o serviço de voz muito caro para as organizações. Numa rede convergente o pacote de comunicação de voz compartilha a mesma estrutura de rede com os serviços de imagem e dados, reduzindo os custos da sua operacionalização.

A tecnologia VOIP já está bem desenvolvida, apresentando resultados satisfatórios quando tomados todos os cuidados necessários a sua aplicação. Os sistemas de telefonia VOIP atuais são capazes de disponibilizar todos os recursos do sistema de telefonia tradicional e apresentam diversas outras aplicações para os usuários. Os grandes fabricantes de ativos de rede e de centrais telefônicas tradicionais possuem sistemas híbridos de telefonia, operando nas duas tecnologias, possibilitando uma migração sem grandes transtornos para as empresas. Esses fabricantes possuem, também, sistemas totalmente IP. Os sistemas totalmente IP são utilizados geralmente em plantas novas, onde é necessário investir em um sistema completo de telefonia. Onde já existe uma planta instalada na tecnologia tradicional, não é interessante para as empresas reinvestir num sistema completamente novo, abandonando o investimento realizado no sistema tradicional.

Partiu-se então para identificar as estruturas de telefonia e de rede ethernet da CELESC, e constatou-se que a empresa possui uma rede ethernet inadequada para aplicações de telefonia VOIP. O núcleo da rede ethernet da CELESC possui equipamentos que não

conseguem priorizar o tráfego de voz sobre o tráfego de dados. Assim, por não permitir configurações que garantam QoS, essa rede se mostra inadequada para aplicação da tecnologia de telefonia VOIP. Identificou-se, também, que o sistema telefônico da CELESC é baseado na tecnologia de telefonia tradicional. Nesse sistema, as centrais telefônicas estão interligadas com *links* próprios, utilizando a tecnologia tradicional e com *links* contratados da BrasilTelecom, utilizando a tecnologia VOIP, formando, assim, o sistema de telefonia corporativa da empresa. A empresa possui, também, unidades isoladas, as quais não possuem acesso ao sistema de telefonia corporativa. Essas unidades são atendidas somente com ramais da PSTN.

Assim, conhecendo-se a tecnologia de telefonia VOIP e as estruturas de telefonia e de rede ethernet da empresa, foi possível avaliar como a tecnologia de telefonia VOIP pode se integrar a essas estruturas.

A tecnologia de telefonia VOIP na CELESC vem sendo integrada às estruturas de telefonia e rede ethernet atuais na disponibilização de ramais do sistema de telefonia corporativa para pequenas unidades, as quais possuem cabos ópticos instalados, e na interligação entre centrais telefônicas do sistema de telefonia corporativa, onde a empresa não possui *links* próprios, utilizando canais *frame-relay*.

Por fim, chegou-se aos ganhos da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC, destacando-se os ganhos financeiros e os ganhos operacionais.

O primeiro ganho financeiro que pode ser identificado na aplicação dessa tecnologia é redução dos custos de manutenção. A CELESC, ao integrar a manutenção das redes de computadores e dos sistemas telefônicos, tem uma redução nos custos de treinamento do pessoal e uma redução nos custos de sobressalentes e equipamentos, caracterizando, assim, uma redução nos custos totais de manutenção.

Embora não seja um ganho expressivo, outro ganho financeiro observado, é que com a aplicação da tecnologia de telefonia VOIP, as pequenas unidades da CELESC devem apresentar uma redução nas suas contas telefônicas, uma vez que efetuam ligações com as outras unidades da empresa, antes realizadas pela PSTN, e que agora passam a ser estabelecidas pelo sistema de telefonia corporativa.

Os maiores ganhos financeiros apresentados pela aplicação dessa tecnologia na CELESC, são a redução do valor dos investimentos necessários, a rentabilidade e o tempo de retorno dos investimentos dos projetos analisados. Com a implantação da tecnologia de telefonia VOIP, em substituição aos equipamentos multiplexadores, pode-se observar uma redução no valor dos investimentos, necessários para disponibilizar os mesmos serviços aos

usuários de pequenas unidades da empresa, de 65% e 83%, respectivamente para unidades que ainda não possuem rede e para unidades que já possuem rede de computadores instalada. Além disso, em todos os projetos de aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC foi alcançado tempo de retorno dos investimentos menor que o tempo de retorno máximo exigido, e uma rentabilidade maior do que a rentabilidade mínima exigida pela empresa para aprovação dos mesmos.

O primeiro ganho operacional observado pela aplicação dessa tecnologia é a integração das equipes de manutenção. Com a substituição da tecnologia de telefonia tradicional pela tecnologia de telefonia VOIP será possível integrar as equipes de manutenção de redes de computadores e as equipes de sistemas telefônicos. Assim, deve ocorrer uma melhoria no atendimento da manutenção aos usuários dos sistemas.

Outro ganho operacional identificado é a melhoria da comunicação entre os colaboradores. A disponibilização de ramais do sistema de telefonia corporativa, possibilitada pela aplicação da telefonia VOIP, está melhorando a comunicação entre os colaboradores das unidades atendidas e os demais colaboradores interligados a esse sistema.

O último ganho operacional gerado pela aplicação da tecnologia de telefonia VOIP é a disponibilização dos recursos das centrais telefônicas do sistema de telefonia corporativa para as unidades atendidas. Com a disponibilização de ramais do sistema de telefonia corporativa, os usuários do sistema têm acesso a todos os recursos da central telefônica e desse sistema, como siga-me, re-chamada, transferência de chamadas e teleconferência. A disponibilização desse sistema permite, também, o controle de ponto dos colaboradores e o controle das chamadas telefônicas particulares e a serviço.

Verifica-se, contudo, que o sucesso da aplicação dos sistemas de telefonia VOIP nas organizações depende diretamente da qualidade e disponibilidade, da segurança e da disponibilização de, pelo menos, os recursos do sistema tradicional aos usuários do sistema.

Assim, a substituição do sistema tradicional pelo sistema de telefonia VOIP não pode deixar de garantir que o usuário realize uma chamada telefônica, ou mesmo que esse usuário tenha dificuldades de comunicação durante a mesma. Para isso, o sistema de telefonia VOIP deve ser robusto e deve estar funcionando sobre uma rede preparada para operar com a aplicação de telefonia VOIP, garantindo, assim, a qualidade de serviço e a disponibilidade necessária.

Outra questão que não pode ser esquecida é a segurança nas ligações telefônicas realizadas a partir de um sistema de telefonia VOIP. A rede IP, pela qual serão transmitidos os pacotes de voz do sistema de telefonia VOIP, deve ser protegida contra o acesso de pessoas

não autorizadas, a fim de evitar que a comunicação de voz seja disponibilizada na internet, por exemplo. Quando se utilizam soluções de baixo custo, sem canais de dados dedicados e protegidos, as conversas realizadas pelo sistema de telefonia VOIP podem ser capturadas por qualquer pessoa que tenha acesso à rede. No caso da internet, isso significa o acesso às ligações telefônicas da empresa por qualquer pessoa que esteja conectada ao redor do mundo.

A fim de ampliar a aplicação da tecnologia VOIP, a empresa deverá começar a substituir os equipamentos hubs, do centro da rede ethernet para as pontas, e atualizar ou substituir os equipamentos como roteadores e switches que não possuem capacidade de priorizar o tráfego de informações entre aplicações. Essa adequação das redes ethernet, permitindo o tratamento das informações em camadas superiores do modelo OSI, possibilitará a expansão dos sistemas de telefonia VOIP para o centro da rede ethernet da empresa e, além disso, vai melhorar o desempenho geral da rede.

A empresa deverá, também, atualizar as centrais telefônicas para operar com a tecnologia tradicional e com a tecnologia de telefonia VOIP. As centrais telefônicas que forem adquiridas pela CELESC deverão operar nessas duas tecnologias, ou seja, deverão ser centrais híbridas. Assim, a empresa poderá migrar o seu sistema de telefonia tradicional para o sistema VOIP de forma gradativa.

Além disso, a CELESC precisa implementar uma rotina de análise de investimento para os projetos que venha a desenvolver, a qual deve ser usada como critério de aprovação ou reprovação dos mesmos. No caso dos projetos listados neste trabalho, todos se apresentaram com rentabilidade acima da mínima exigida e tempo de retorno menor do que o máximo aceitável, porém isso poderia não ter acontecido, evidenciando a importância da realização de uma análise de investimento para aprovação dos mesmos.

Para maximizar os ganhos do sistema de telefonia corporativo da CELESC, sugere-se a configuração das centrais telefônicas corporativas para realização da função trânsito, permitindo a utilização da estrutura existente para reduzir os custos com ligações telefônicas interurbanas. Assim, por exemplo, uma pessoa que esteja em Criciúma e deseje fazer uma ligação externa para Chapecó, utilizará o sistema corporativo de Criciúma até Chapecó, fazendo trânsito na central de Florianópolis, e realizará uma ligação local em Chapecó. Tudo isso será feito sem que o usuário perceba. Ele continua discando como se fosse fazer uma ligação interurbana, porém, a central telefônica verifica qual a rota de menor custo disponível e estabelece a ligação pelo sistema corporativo até a cidade na qual o sistema realizará a ligação local.

Por fim, podem ser realizados estudos futuros para identificar os resultados práticos da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP na CELESC, como a redução no valor das ligações, a utilização dos recursos do sistema de telefonia corporativa e a melhoria da comunicação entre os colaboradores. Isso permitirá observar os ganhos da aplicação da tecnologia na prática.

Outro estudo que pode ser realizado futuramente trataria da identificação da viabilidade da aplicação da tecnologia de telefonia VOIP em unidades que não possuem fibras ópticas instaladas, utilizando a tecnologia VOIP sobre canais *frame-relay*, MPLS ou VPN IP. Desta forma, caso se apresente viável, a CELESC poderá expandir ainda mais o seu sistema de telefonia corporativa.

Com isso, conclui-se o presente estudo de caso, sabendo-se que o assunto não se esgota aqui, sendo interessante realizar os estudos sugeridos e outros que se mostrarem interessantes para a CELESC e para outras organizações.

## REFERÊNCIAS

- ARORA, Rakesh. **Voice over IP: Protocols and Standards**. 1999. Disponível em: <[http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/VOIP\\_protocols/index.html](http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/VOIP_protocols/index.html)>. Acesso em: 02/05/2005.
- BATTISTI, Júlio. **TCP, UDP e Portas de comunicação**. Disponível em: <[http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip\\_p11.asp](http://www.juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip_p11.asp)>. Acesso em: 20/05/2005.
- BERNAL FILHO, Huber. **Telefonia IP**. 2003. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/default.asp>>. Acesso em 05/05/2005.
- CELESC. **Quem somos**. Disponível em: <<http://www.CELESC.com.br>>. Acesso em: 20/04/2005.
- CISCO. **O que é VOIP (Voz sobre IP)**. Disponível em: <<http://www.ciscoredacaovirtual.com/redacao/perfistecnologicos/default.asp>>. Acesso em: 10/05/2005.
- DAMOVO. **Introdução a Telefonia IP**. Disponível em: <[www.damovo.com.br](http://www.damovo.com.br)>. Acesso em: 14/02/2005.
- DIAS, Beethovem Zanella; ALVES JUNIOR, Nilton. **Evolução do Padrão Ethernet**. 2002. Disponível em: <<http://mesonpi.cat.cbpf.br/naj/ethernet.pdf>>. Acesso em: 19/05/2005.
- FONSECA, Fátima. Voz sobre IP: Em curva Ascendente. **Revista Telecom**. São Paulo: Plano Editorial. ano 16, nº 182, 2003.
- FUNDAÇÃO TELEFÔNICA. **História do Telefone**. 2003. Disponível em: <<http://www.museudotelefone.org.br/capa.htm>>. Acesso em 22/05/2005.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. São Paulo: Harbra. 7 ed, 2002.
- GRECCO, Fernando. **VOIP e Telefonia IP: Paralelas e Inevitáveis**. 2004. Disponível em: <[http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main\\_artigo.asp?codigo=934](http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main_artigo.asp?codigo=934)>. Acesso em: 25/05/2005.
- GROPPELLI, Angélico A.; NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. São Paulo: Saraiva. 2 ed, 2002.
- INVERTIA. **Indicadores Econômicos**. Disponível em: <<http://br.invertia.com/economia/indicadores/indicadores.aspx?tipo=3>>. Acesso em: 30/09/2005.
- JUNIPER Networks. **Voice over IP Solutions**. Disponível em: <[http://www.juniper.net/solutions/literature/white\\_papers/200011.pdf](http://www.juniper.net/solutions/literature/white_papers/200011.pdf)>. Acesso em: 02/05/2005.

- KARIM, Asim. **H.323**. 1999. Disponível em:  
<<http://www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html>>. Acesso em: 02/05/2005.
- KOCHE, J.C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**, atual. Petrópolis, RJ: Vozes. 20 ed., 1997.
- MANIEZI, Rogério. **Técnica de Avaliação da Qualidade de Rede para Voz sobre IP**. Dissertação de mestrado em Ciências da Computação, UFSC, Florianópolis, 2003.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas. 5 ed., 1999.
- MATURO, Jussara. **Quando vale a pena partir para telefonia IP?** Revista Telecom. São Paulo: Plano Editorial. ano 16, nº 195, ano 2005.
- MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M.C (Org). **Pesquisa Social: teoria, método, e criatividade**.. Petrópolis, RJ: Vozes. 7 ed., 1994.
- MINTZBERG, H. **Criando Organizações Eficazes**. São Paulo: Atlas. 2 ed, 2003.
- MYSPEACE. **Redes de computadores 1**. Disponível em:  
<<http://myspace.eng.br/info/net/net1.asp>>. Acesso em 19/05/2005.
- MORIMOTO, Carlos E. **Guia completo de Redes**. 3 ed. Disponível em:  
<<http://www.guiadohardware.net>>. Acesso em: 20/02/2004.
- NIST. **Security Consideration for Voice over IP Systems**. Disponível em:  
<<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-58/SP800-58-final.pdf>>. Acesso em: 02/05/2005.
- PINHEIRO, José Maurício dos Santos. **Rede Telefônica Comutada**. 2005. Disponível em:  
<[http://www.projetederedes.com.br/tutoriais/tutorial\\_rede\\_telefonica\\_comutada\\_01.php](http://www.projetederedes.com.br/tutoriais/tutorial_rede_telefonica_comutada_01.php)>. Acesso em: 22/05/2005.
- \_\_\_\_\_. **Centrais Privadas de Telefonia**. 2004. Disponível em:  
<[http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo\\_centrais\\_privadas\\_de\\_telefonia.php](http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo_centrais_privadas_de_telefonia.php)>. Acesso em: 22/05/2005.
- PROTOCOLS.COM. **UDP**. Disponível em:  
<<http://www.protocols.com/pbook/tcpip2.htm#UDP>>. Acesso em: 05/05/2005.
- RECITRONIC. **O que é protocolo?** Disponível em:  
<<http://www.recitronic.com.br/padro38.html>>. Acesso em: 12/05/2005.
- ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso**. São Paulo: Atlas. 2 ed., 1999.
- SPOSITO, Rosa. A necessidade de novos serviços vai alavancar a demanda. **Revista Telecom**. São Paulo: Plano Editorial. ano 16, nº 182, 2003.

SPURGEON, Charles E. **Ethernet: The Definitive Guide**. O'Reilly and Associates, 2000.  
Disponível em: <<http://www.ethermanage.com/ethernet/ethersname.html>>. Acesso em:  
20/05/2005.

VAINSENER, Anamarcia. As empresas SCM entram na disputa e anunciam novos serviços. **Revista Telecom**. São Paulo: Plano Editorial. ano 16, nº 182, 2003.

VARSHNEY, Upkar. et. al. Voice over IP. **Communications of the ACM**. volume 45, nº 1, 2002.

VERGARA, S. M. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

## APÊNDICE A

### Roteiro de pesquisa:

Quando surgiu na CELESC a idéia de implantação de sistema de telefonia VOIP? Por que?

Onde surgiram as primeiras iniciativas de implantação de sistemas de telefonia VOIP? Quais são elas?

Existe uma tendência de migração para o sistema de telefonia VOIP na empresa?

Como está configurada a rede ethernet (rede IP) da CELESC? Qual a sua topologia?

Os equipamentos ativos de rede (switchs, switch router e routers) têm capacidade de priorizar o tráfego de voz? Em qual camada do modelo OSI têm condição de operar?

Que empresas fornecem *links* de conexão entre as unidades da CELESC? Qual a capacidade de transmissão desses *links*?

Como está configurado o sistema de telefonia corporativa da CELESC? Qual a sua topologia?

Que empresas fornecem *links* de conexão entre as centrais telefônicas corporativas da CELESC? Qual a capacidade de transmissão desses *links*?

Que tipos de aplicações da telefonia IP seriam possíveis atualmente?

O que precisa ser feito para que a telefonia VOIP possa ser adotada em toda a empresa?

Quais os ganhos financeiros da aplicação de soluções de telefonia VOIP na empresa?

Quais os ganhos operacionais da aplicação de soluções de telefonia VOIP na empresa?